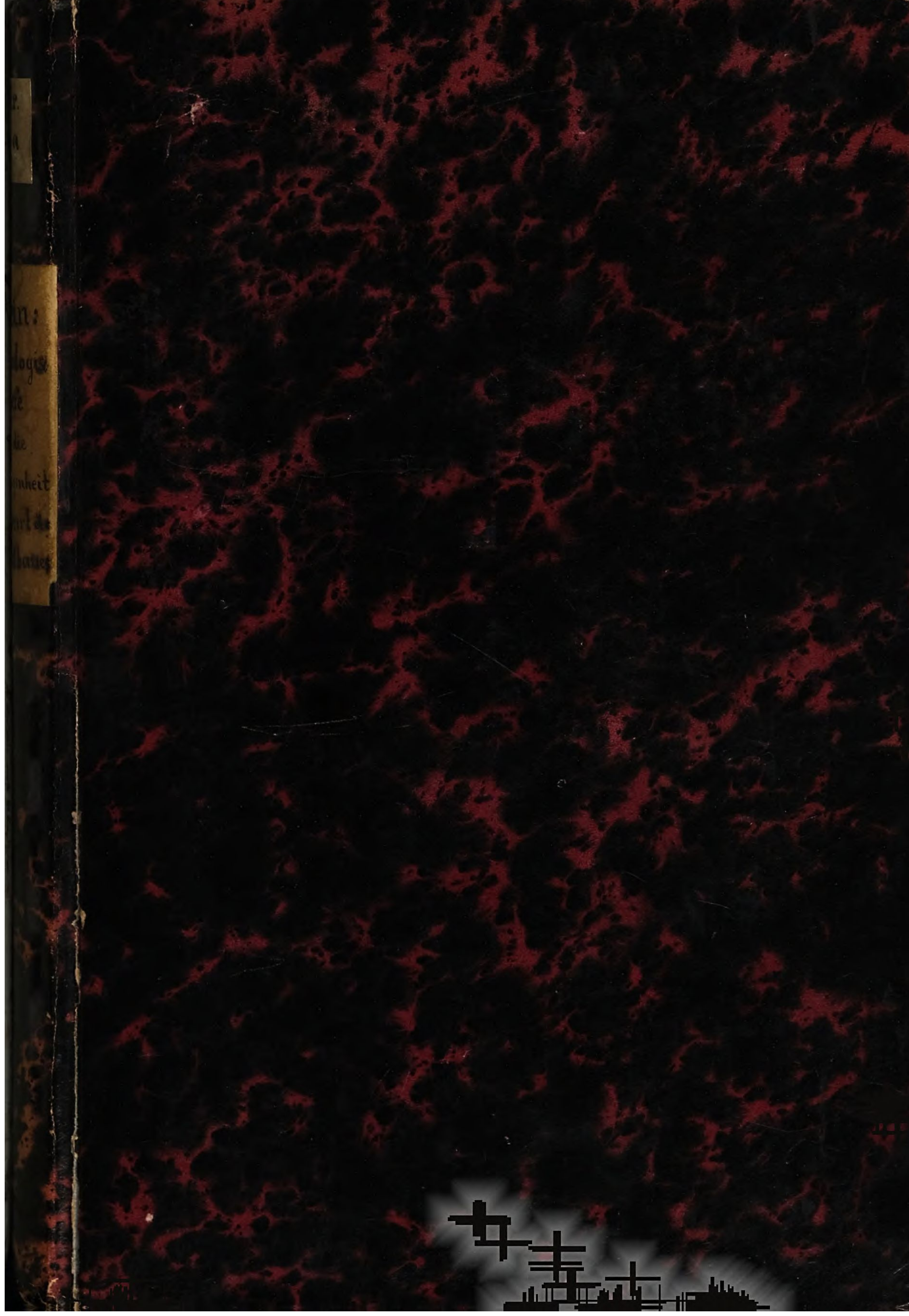




n:
logis
ie
die
inheit
url de
hanges

Aus der Verlassenschaft Dr. Haupt's.

Astr.
o.

28^a

KOSMOLOGISCHE BRIEFE
ÜBER DIE
VERGANGENHEIT, GEGENWART UND ZUKUNFT
DES
WELTBAUES.

FÜR GEBILDETE.

VON
HERMANN J. KLEIN

DOCTOR DER PHILOSOPHIE, HERAUSGEBER DER „GAEA“ UND DER „VIERTELJAHRSSREVUE
DER NATURWISSENSCHAFTEN“, MITGLIED DER ASTRONOMISCHEN GESELLSCHAFT, DER
NATURWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT „ISIS“ IN DRESDEN, DER NATURFORSCHENDEN
GESELLSCHAFT ZU DANZIG, DER WETTERAUISCHEN GESELLSCHAFT FÜR DIE GESAMMTE
NATURKUNDE ZU HANAU &c. &c.

ZWEITE, VERBESSERTE UND BETRÄCHTLICH VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT DEM BILDNISSE DES VERFASSERS.

GRAZ, 1877.

DRUCK UND VERLAG VON LEYKAM-JOSEFSTHAL.

Das Recht der Uebersetzung wird vom Verfasser vorbehalten.



Inhalt.

I.

Das Universum als einheitliches Ganzes. S. 1—23.

Einleitung. Gegenwärtige Vervollkommnung der astronomischen Beobachtungs-Hilfsmittel. Geistiges Interesse, welches sich an die Ausbildung der Himmelskunde knüpft. Frühere Anschauungen und astrologische Verirrungen. Wiederaufblühen der Wissenschaften und früheste Ansichten vom Baue der Welt. Friedrich Wilhelm Herschel's Arbeiten. Die Rolle der Sonne im Planetensysteme und ihre Stellung in der Entwicklungsreihe der kosmischen Körper. Absorption des Sternenlichtes im Weltraume. Erneuerungen im Weltall.

II.

Vergangenheit und Zukunft des Weltalls. S. 24—49.

Wird durch den Herabsturz planetarischer Massen auf ihre Centralkörper die Materie des Weltraums sich mehr und mehr zu grösseren Körpern vereinigen und streben alle Zustände des Weltalls einer gewissen Grenzlage zu? Einwürfe gegen die Entropie. Hanse-
mann's Entwicklungen. Die Beobachtung unterstützt die Theorie eines steten Kreislaufes in den Bildungen der himmlischen Körper. Stellung der Milchstrasse im Universum. Perioden der Weltentwicklung. Successive Umbildungen der Nebelflecke nach Herschel. Hypothesen von Kant und Laplace über die Entstehung von Planetensystemen aus rotirenden Nebelbällen. Vereinigung der Vorstellungen von Herschel und Laplace zu einer Theorie der Weltenbildung nach einfachen mechanischen und thermodynamischen Principien.

III.

Die Natur und Weltstellung der Kometen. S. 50—86.

Anzahl der Kometen und Vertheilung ihrer Perihelabstände je nach der Entfernung von der Sonne. Zufällige Vertheilung der Kometenbahnen in Bezug auf die Ekliptik. Lambert's Princip bei Schätzung der Menge der Kometen. Bedenken gegen dasselbe.

Die physische Beschaffenheit der Kometen. Resultate der spectral-analytischen Untersuchung. Zöllner's Kometentheorie. Zusammenstellung der mehrfach geschweiften Kometen. Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppen. Die Kometen sind keineswegs unveränderliche, compacte Weltkörper, sondern Körpersysteme die unter gewissen Bedingungen im Laufe der Zeit in Auflösung gerathen. Stellung der Kometen im Universum. Das Zodiakallicht.

IV.

Die Rolle der Sternschnuppen im Sonnensysteme.

S. 87—109.

Grundlage der Betrachtungen über die kosmischen Meteore. Höhe des Aufleuchtens der Sternschnuppen in unserer Atmosphäre. Schiaparelli's Untersuchungen. Allgemeine Merkmale der Bewegung der Sternschnuppen im Raume. Einfluss der Erdbewegung auf die scheinbare Häufigkeit der Meteore. Parabolische Bewegung der Sternschnuppen. Bahnelemente der hauptsächlichsten Meteorströme.

V.

Meteorströme, Meteorite und Kometen. S. 110—137.

Vertheilung der Ausstrahlungspunkte der Meteore am Himmel. Zusammenstellungen der Bahnen von Meteorströmen und Kometen. Einwirkung der Erdanziehung auf den Fall der Sternschnuppen. Entstehung der Meteorströme Sternschnuppensubstanz. Zusammenhang zwischen Sternschnuppen und Feuerkugeln. Stellung der Kometen. Meteorite als Boten aus den Fixsternräumen.

VI.

Die physischen Zustände der Planeten, besonders mit Rücksicht auf die Bewohnbarkeit der letzteren.

S. 138—202.

Der Mensch und die Welt. Organisches Leben auf anderen Weltkörpern. Die physischen Verhältnisse der Hauptplaneten unseres Systems. Schlussfolgerungen.

VII.

Die Sonne. S. 203—253.

Abhängigkeit des organischen Lebens auf der Erde von den physischen Zuständen des Sonnenballs. Umwandlung der Kraft. Bewegung eine allgemeine Eigenschaft der Körper. Berechnung der mechanischen Kraft der Sonne, welche als Wärme ausgestrahlt wird. Entfernung und Grösse der Sonne. Die Sonnenflecke. Umdrehungsdauer des Sonnenballs. Periodische Veränderungen der Fleckenmenge. Zöllner's Theorie der Sonnenflecke. Die Sonnenfackeln. Abhängigkeit irdischer Erscheinungen von der wechselnden Menge der Sonnenflecke.

VIII.

Die physischen Zustände der Sonnenoberfläche.
S. 254—285.

Die Protuberanzen und die Anwendung der Spectralanalyse zu ihrer Untersuchung. Die Chromosphäre. Form der Protuberanzen. Sonnenfleck-Theorien von Spörer, Secchi und Faye. Bewegungen der Protuberanzen und Temperatur der obersten Sonnenschichten. Der Vorrath von Kraft, welchen die Sonne in sich birgt, muss mit der Zeit erschöpft werden

IX.

Zur Entstehungsgeschichte des Sonnensystems.
S. 286—309.

Relatives Alter der einzelnen Planeten. Die Bildung der einzelnen Planeten erfolgte successive schneller. Gesetz der Planetenabstände. Warum dasselbe besonders bei den entfernten Planeten von der Wirklichkeit abweicht. Ueber das Alter der Erde. Schluss.

I.

Ihr Wunsch einer Fortsetzung unserer Unterhaltungen über die Einrichtungen des Planetensystems und des Fixsternhimmels erfreut mich lebhaft. Es ist dies ein Gegenstand, der, wie kaum ein anderer, des menschlichen Interesses im höchsten Grade würdig ist. Allerdings muss man gestehen, dass die Meinungen, welche früher von sehr scharfsinnigen Männern über die Bewohntheit der Planeten und Kometen, über die Beziehungen der Fixsterne zu unserer Erde, sowie über die Geschichte des Weltalls ausgesprochen wurden, im Einzelnen sehr weit auseinander gehen; und hiernach könnte es thöricht erscheinen, denselben Gegenstand auf's Neue von naturwissenschaftlichem und philosophischem Standpunkte, nach Gründen der Analogie und den Regeln der Wahrscheinlichkeit zu beleuchten. Indess sind wir heute in der glücklichen Lage, ungleich mehr von allgemeinen Naturgesetzen, von dem Baue der himmlischen Systeme und den physischen Zuständen der Weltkörper im Einzelnen zu wissen, als dies selbst noch vor drei oder vier Jahrzehnten der Fall war. Das Fernrohr hat gegenwärtig einen Grad der Vollkommenheit erlangt, über den selbst ein Fraunhofer staunen würde. Mit Recht sagt die Grabschrift dieses seltenen Mannes: „*approximavit sidera*“, „er hat uns die Gestirne näher

gebracht“; aber seine grössten Instrumente, wie der berühmte Refractor von 9 Zoll Objectivdurchmesser in Dorpat, gelten heute jenseits des Oceans nur noch als kraftvoll genug, um der studirenden Jugend die Wunder des Himmels zu zeigen, für die eigentlichen Sternwarten besitzt man dort längst Instrumente von 18, 20, 25 und mehr Zoll Objectiv-Durchmesser; ja, die Kunst, optisch reines, homogenes Glas herzustellen, ist gegenwärtig so weit gediehen, dass man es unternehmen kann, Refractore zu bauen, deren Objectivlinsen an Grösse dem Metallspiegel in W. Herschel's vierzigfüssigem Riesenteleskop gleich kommen. Solche Instrumente, mit Hilfe der vervollkommenen mechanischen Kunst der Gegenwart leicht nach allen Richtungen beweglich, und in der reinen, ruhigen Atmosphäre geeigneter Gebirgsregionen aufgestellt, berechtigen zu Erwartungen, die im zweiten Viertel unseres Jahrhunderts Niemand hegen konnte. Ein Spectroskop am Ocular-Ende des Teleskops befestigt, lässt uns mit einem Blicke die Zustände der Materie und ihre chemische Zusammensetzung bis in die entlegensten Tiefen des Weltraumes hinein erkennen, und hat uns auf diese Weise möglich gemacht, was vordem das kühnste Hoffen überstieg. Und hat nicht schliesslich eine Reihe kühner und vorsichtiger Denker sich mit Glück an dem Probleme der Entstehung unseres Sonnensystems versucht, indem sie den Consequenzen nachspürten, welche aus dieser Entstehung nothwendig hervorgingen, und bis auf den heutigen Tag andauerten? Es ist unschwer einzusehen, dass kosmologische Speculationen heute eine ganz andere, weitaus solidere Basis haben als in jeder Epoche der Vergangenheit; und da dies der Fall ist, wesshalb sollte man nicht, in die Fussstapfen der Vergangenheit tretend und einem Fontenelle und Lambert nacheifernd, die Zustände des Welten-

baues von kosmologischen Gesichtspunkten aus zu betrachten unternehmen, selbst wenn man zugeben muss, dass die Lebhaftigkeit der Vorstellung und die geistreichen Gedanken des Einen, wie die Verstandesschärfe des Andern nicht Jedem zu Gebote stehen?

Man hat häufig darauf aufmerksam gemacht, dass die Wissenschaften, besonders die Astronomie, um ihrer selbstwillen gepflegt werden. Dieser doctrinäre Standpunkt ist in gewissem Sinne richtig, aber man muss anderseits solcher Anschauungsweise auch nicht eine zu grosse Allgemeinheit geben wollen. Zuletzt werden doch alle Wissenschaften nur gepflegt, wegen des Interesses, das sie für den Menschen darbieten, und das ein zweifaches, ein materielles und ein geistiges ist. Was das materielle Interesse anbelangt, so ist dies, wie man leicht begreifen kann, bei der Astronomie nur ein untergeordnetes. Zwar hat man darauf hingewiesen, dass ohne Astronomie keine sichere Zeitrechnung, keine oceanische Schifffahrt, keine Geographie möglich wäre; dass die Jahreslänge, wie einst im alten Rom, von den Launen und Interessen bestimmter Personen abhinge; dass der Welthandel sich nur mühsam durch Küstenschifffahrt forthelfen; dass die genaue Gestalt und Ausmessung unseres Erdballs eine Unmöglichkeit sein würde: allein, um diesen Bedürfnissen Rechnung zu tragen, benöthigte es nur einer mässigen Ausbildung der Himmelskunde. Schon vor hundert Jahren war die Astronomie im Stande, den Bedürfnissen des Kalenderwesens mit aller praktisch erforderlichen Schärfe zu genügen. Auch bezüglich der oceanischen Schifffahrt ist Seitens der Astronomie schon seit längerer Zeit genug geschehen, ganz abgesehen davon, dass der Seefahrer sich auch heute nicht auf die astronomischen Hilfsmittel allein verlässt, weil ihn diese bei trüber Luft häufig

gerade in den entscheidenden Momenten im Stiche lassen. Was schliesslich die Ausmessung und Bestimmung der Gestalt der Erde anbelangt, so hat auch diese seit fast zweihundert Jahren beinahe nur ein theoretisches Interesse; für die Bedürfnisse der Praxis ist längst gesorgt. Weder die Kenntniss der Doppelsterne noch der Nebelflecke, ist im Stande, den geringsten praktischen Nutzen zu gewähren, auch denkt Niemand daran, solchen von dem Studium dieser so überaus merkwürdigen Himmelskörper jemals zu erwarten. Wenn es also nicht materielle Zwecke sein können, welche die heute bewunderungswürdig verfeinerten astronomischen Beobachtungen und Untersuchungen veranlassen, so muss man gestehen, dass ein höheres, geistiges Interesse sich an die Fortschritte der Himmelskunde knüpft; und in der That ist es dieses, welches unserer Wissenschaft so viele begeisterte Förderer und Freunde verschafft hat. Dieses hohe, geistige Interesse knüpft sich nun hauptsächlich an das Erkennen und Begreifen, an das Inbeziehungsetzen der einzelnen Erscheinungen, an die Versuche, einzudringen in den Bauplan des uns sichtbaren Theiles der Welt, an die Erfassung wissenschaftlich sicherer Vorstellungen von den Eigenthümlichkeiten der einzelnen Himmelskörper, an die Vorstellung von einer Mehrheit der Welten.

Wenn wir zurückgehen auf die frühesten Zeiten der Wissenschaft, so finden wir, dass die Vorstellungen von dem Baue und den Eigenthümlichkeiten des Weltalls ebenso primitiv und kindlich waren wie die Beobachtungen, auf die sie sich stützten. Wie beschränkt musste die Welt Denen sein, welche die Erde als ihr Centrum und ihren Haupttheil, den blauen Himmel als ein Gewölbe, woran die Sterne befestigt wären, betrachteten! So lange die Erde den Rang eines Mittelpunktes

der Welt behielt, musste der Mensch, der Herrscher auf Erden, nothwendig als Centrum der ganzen Schöpfung erscheinen. Für ihn, glaubte man, zögen die Sterne ihre täglichen Kreise, für ihn durchlief die Sonne ihre jährliche und tägliche Bahn, für ihn leuchtete der Mond und bot die Abwechslung seiner Lichtgestalten dar. Es ist merkwürdig, und von eigenthümlichem psychologischem Interesse, den Beziehungen nachzuspüren, welche je nach dem Bildungsgrade und der Gemüthsstimmung, die einzelnen Volksstämme zwischen dem Menschen und den verschiedenen Himmelserscheinungen zu erkennen glaubten. Ich will, um mich nicht zu weit von meinem eigentlichen Gegenstande zu entfernen, in dieser Beziehung nur ein Beispiel anführen. Die Flecken des Mondes erscheinen bei den verschiedensten Naturvölkern mit der Legende oder Mythologie verwebt und an weit von einander entfernten Stellen der Erdoberfläche, bei den verschiedenartigsten Menschen, begegnet man erstaunt denselben Anschauungen wieder. So werden bei den Mongolen und den Südsee-Insulanern, wie bei den Peruanern und in der alten englischen Volkstradition, die Mondflecken mit menschlichen Vergehen oder menschlichem Unglücke in engste Verbindung gebracht. Auch der mystische Albert von Bollstädt (*Albertus magnus*) konnte sich von der naiven Meinung, dass die Mondflecke Analoga irdischer Organismen seien, nicht frei machen. Er sah in ihnen einen Drachen, auf dessen Rücken sich ein Baumstamm erhebt, an den ein Mensch anlehnt. Im Mittelalter machten sich zuerst N e k a m und später D a n t e über die Volksanschauung die in den Mondflecken menschliche und thierische Gebilde erblickt, lustig; allein selbst heute noch ist im niedern Volke die Ansicht weit verbreitet und tief eingewurzelt, dass im Monde ein menschliches Gesicht

oder auch eine Wage vorhanden und bei Vollmond in den Flecken deutlich zu erkennen sei.

Von der Vorstellung, dass der Mensch Mittelpunkt und Zweck der ganzen Schöpfung sei und die Himmelskörper nur seinetwegen existirten, bis zu der Annahme von gewissen Einflüssen der Gestirne auf das Menschengeschlecht im Allgemeinen und jeden Einzelnen im Besonderen, ist nur ein kleiner Schritt. So entstand die Astrologie, die Kunst, aus den Stellungen der Gestirne die Schicksale des Menschen vorauszusagen, und erdrückte Jahrhunderte hindurch alle wahrhaft wissenschaftlichen Bestrebungen.

Die alten Astrologen verfahren bei ihrem Nachweise der Zulässigkeit der Astrologie mit seltsamer Logik. „Nicht allein“, sagt Beutel, der ein Lehrbuch der Astrologie schrieb, „haben alle rechtschaffenen und hochgelehrten Astrologi, sondern auch sonst hochvernünftige Leute jederzeit davor gehalten, dass wie Gott der Allmächtige kein Gräslein umsonst und das nicht eine sonderbare Kraft und Wirkung bei sich habe, aus der Erden herfür wachsen lassen: auch noch vielmehr die grossen Wundergeschöpfe Gottes über uns am hohen Himmel von kräftiger, ihnen von Gott eingelegter Wirkung und Tugend sein müssten, zumal da sie der Sonne und des Mondes Kräfte und Influencias täglich und handgreiflich empfunden, dannenhero sie geschlossen, es müsse in denen andern himmlischen Körpern nicht weniger dergleichen ausgehende Kraft stecken, und sich von Zeit zu Zeit hoch bemühet, solche Kräfte zu erforschen und der Welt zur Nachricht aufzuzeichnen und zu hinterlassen.“ „Alles, was um den ganzen Erdboden herum gefunden wird und darauf wächst, lebet oder schwebet, Felder, Gärten, Wälder, Blumen, Kräuter, Bäume, Früchte, Laub, Gras, Gewässer, Bäche,

Ströme, Seen, sammt dem grossen Meere, auch Menschen und Vieh und anders, ist der Gestirne Wirkung von obenherab unterworfen und wird mit seinen Influxibus und darein dringender Kraft imbuirt, tingirt, und durch derselben kräftige Aspectus und Zusammenstrahlungen maturirt, befördert und fortgebracht.“ Es ist unzweifelhaft richtig, dass das ganze Weltall in seinen einzelnen Theilen in Wechselbeziehung mit einander steht; demnach üben auch die Fixsterne und Planeten auf unsere Erde gewisse Einflüsse aus, erstere senden derselben z. B. Lichtstrahlen und, wie wir heute wissen, auch Wärmestralen in messbarer Quantität zu; aber diese Wirkungen sind keineswegs handgreiflich, sondern durchaus verschwindend klein und noch weniger lassen sich feste Regeln denken, nach welchen sie in jedem beliebigen speciellen Falle vorausbestimmt werden könnten. Die alten Astrologen behaupteten freilich, dass ihnen solche Regeln bekannt seien, und zwar aus der Erfahrung; wie es aber mit der Glaubwürdigkeit dieser Leute aussah, beweist wohl am besten der Umstand, dass ein Mann wie Cardano, ein sonst wirklich gelehrter Mathematiker und Arzt, im vollsten Ernste versichert, es hätten ihn einst zwei alte Leute aus dem Monde besucht, ja dass derselbe Cardano die Zeit seines Todes astrologisch vorausbestimmte, und, um sein Ansehen nicht zu schädigen, angeblich zur bezeichneten Zeit den Hungertod starb! In der Blüthezeit der Astrologie waren die Regeln, nach welchen der Einfluss der Gestirne auf das Schicksal des Menschen berechnet werden sollte, ziemlich zahlreich und complicirt; es gehörten immerhin für die damalige Zeit nicht unbedeutende Vorkenntnisse der sphärischen Trigonometrie dazu, um ein vollständiges Horoskop zu stellen. Die meisten Astrologen machten sich's freilich bequemer und prophe-

zeiten in's Blaue hinein, ohne sich um ebene oder sphärische Trigonometrie weiter zu kümmern. Auch Kepler hat sich, wie man weiss, mit dem Stellen des Horoskops beschäftigt, ja er galt bei Lebzeiten als Astrologe wohl ebenso viel wie als Astronom. Aber der scharfsinnige Entdecker der drei Gesetze der Planetenbewegung glaubte nur an einen allgemeinen Einfluss der Gestirne auf die Kräfte der menschlichen Seele. Das Verfahren der Astrologen, auf alles speciell zu antworten, was der Mensch zu wissen begehrt, verwirft er ganz. „Ich halte“, sagt Kepler, „diese Weise für unmöglich, abergläubisch, wahrsagerisch und einen Anfang des arabischen Sacrilegii, da man uf jede frag, so dem Menschen einfällt, ja oder nein antworten und also aus der Astrologie einen *calculus* machen und consequenter sich uf Eingebung des himmlischen (vielmehr höllischen) Geistes verlassen will.“

Die kühne That des Kopernikus, dem es, wie Tycho Brahe begeistert singt.

— „gelang, dem Himmel die Sonn' zu entreissen
Und sie festzustellen —“

während er gleichzeitig den Erdball aus seiner starren Ruhe aufrüttelte und ihn in kreisförmiger Bahn um die Weltleuchte Sonne gehen hiess, entzog den astrologischen Träumereien nach und nach den Boden. Die Erde musste von der hohen Stellung eines Weltmittelpunktes, die man ihr so lange mit Unrecht beigelegt, herabsteigen, und sich bescheiden, in Jahresfrist einmal die Sonne zu umkreisen. Aber wie wenig diese richtigen Anschauungen von der Constitution des Planetensystems zu einer rationellern Erkenntniss des Weltbaues führten, beweist die Thatsache, dass Kepler, der das System des Kopernikus durch Entdeckung seiner berühmten drei Gesetze der Planetenbewegung wesentlich vervollkommnte, diese

Bewegungen dem speciellen Einflusse himmlischer Genien unterstehen wollte, welche jedem Planeten gewissermassen den Weg weisen, den er wandeln sollte. Die Erfindung des Fernrohres hat in dieser Beziehung sehr wichtige Fortschritte angebahnt. Aber noch im Jahre 1733 stellte Derham die Frage auf, ob nicht das Licht der Nebelflecke daher rühre, dass jenseits der (festen) Fixsternsphäre eine feurige Region sich befinde, die stellenweise durchscheine. Besonders eine merkwürdige Helligkeit im Orionnebel war Derham geneigt, dem Durchschimmern eines solchen *Coelum empyreum* zuzuschreiben. Wenn man Derham auch eine solche Vorstellung verzeihen mag, so darf man doch daran erinnern, dass der scharfsinnige Huygens, der zuerst genauere Beobachtungen über den Orionnebel angestellt, und den man lange Zeit für den ersten Entdecker desselben gehalten hat, bei Beschreibung dieses merkwürdigen Himmelskörpers sagt: „Man sollte fast glauben, die Himmelsphäre sei hier geborsten und man blicke in leuchtendere Regionen hinein.“

Wenn man von dem geistreichen Lambert, sowie von den Speculationen von Wright und Kant absieht, so findet man, dass erst durch William Herschel wissenschaftliche Ansichten über den Bau der Welt aufgestellt wurden, obgleich diese allerdings noch bedeutender Berichtigungen durch die Folgezeit bedurften. Seit Herschel's Tode ist die Wissenschaft mit Riesenschritten vorangegangen; es sind uns heute Untersuchungen möglich, an die kein Vernünftiger bei Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts gewagt hätte, zu denken. Der Nebel, welcher Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Weltalls, d. h. des uns sichtbaren Theiles der Welt, bedeckt, hat sich in den letzten fünfzig Jahren bedeutend gelichtet; ferne Küsten und einsame Inseln im Oceane

des Universums sind uns erreichbar geworden und unaufhaltsam dringt die Wissenschaft voran, immer mehr von den Geheimnissen und Räthseln aufklärend, mit denen uns die Natur allseitig umgibt. —

Das merkwürdige Verhältniss, in welchem die Planeten bezüglich der Erleuchtung und Erwärmung zur Sonne stehen, ist gegenwärtig, nachdem die Vergangenheit in dieser Beziehung lange genug bedeutenden Irrthümern gehuldigt, endlich richtig erkannt worden. Die einseitige Ansicht, dass die Sonne da sei, um die Planeten zu erleuchten und zu erwärmen, mochte früher noch eine nicht zu verachtende Stütze in der (unrichtigen) Vorstellung finden, die man, hauptsächlich auf der Autorität von William Herschel und Franz Arago fussend, lange als die richtige ansah. „Alle die Sonne betreffenden Erscheinungen“, sagte Arago, „finden eine genügende Erklärung, wenn man annimmt, dass die Sonne ein dunkler Körper ist, umgeben in einer gewissen Entfernung von einer Atmosphäre, welche mit der irdischen verglichen werden kann, sobald sich in der letztern eine zusammenhängende Schicht undurchsichtiger und das Licht reflectirender Wolken befindet. Setzt man über diese erste Schicht noch eine zweite, leuchtende Atmosphäre, welche Photosphäre heissen mag, so bestimmt diese Photosphäre, von der innern, wolkigen Atmosphäre mehr oder weniger entfernt, durch ihre Umgrenzung den sichtbaren Rand der Sonnenscheibe. Dieser Hypothese zufolge, treten schwarze Flecken auf der Sonne jedesmal da auf, wo sich in den beiden concentrischen Atmosphären correspondirende Oeffnungen oder Durchsichten bilden, welche den dunklen Kern des Sonnenkörpers unverhüllt zu sehen gestatten.“ Hiernach galt die Sonne eigentlich als dunkler planetarischer Körper, der, man wusste nicht genau warum, zu

einer leuchtenden und wärmenden Umhüllung gekommen war, und diese, man wusste nicht genau wie, fort und fort unverändert behielt. Die Sonne war eine Art Kraftgeschöpf, ein Wunderding, das, ohne Verlust zu erleiden, Jahrmyriaden hindurch Licht und Wärme aussandte, um die Planetenoberflächen zu erleuchten und zu erwärmen. Es ist merkwürdig, wie sich eine so thörichte Vorstellung viele Jahre lang in den Lehrbüchern der Wissenschaft hat erhalten können; vollends aber unerklärlich, dass ein Mann wie Arago, der einer der eminentesten Physiker seiner Zeit war, eine solche Hypothese von den physischen Zuständen der Sonne hat vertheidigen und schulgerecht ausbauen können. Herschel war der Ansicht, die Sonne sei bewohnt, und Arago erklärte, dass, wenn man ihn fragen würde, ob die Sonne von Wesen bewohnt sein könne, welche eine analoge Organisation besitzen, wie die, welche unsere Erde bevölkern, so würde er nicht anstehen, eine bejahende Antwort zu ertheilen. Beide dachten sich den dunkeln, kalten Sonnenkörper von einer Wolken-schicht in einer Höhe von 70 oder 80 Meilen über der Oberfläche umgeben, die so dicht sei, dass sie die Hitze der weissglühenden, leuchtenden Atmosphäre wie ein Schirm abhalte. Eine unrichtigere Vorstellung als diese lässt sich kaum denken. Man stelle sich eine grosse, hohle Kugel von Metall vor, welche eine kleine compacte Kugel concentrisch umschliesst. Wird die äussere Kugel hinreichend lange in Gluth versetzt, so lässt sich für die innere Kugel gar keine schützende Umhüllung denken, welche ausreicht, sie auf die Dauer vor den Wärmestrahlen der äussern Gluthhülle zu schützen. Nun soll gar die weissglühende Sonnenphotosphäre durch eine Wolkenschicht verhindert werden, den innern Sonnenkern zu erhitzen, trotzdem jene Gluthmasse schon seit Millionen von Jahren

ihre verderblichen Strahlen von allen Seiten auf die angenommene schützende Wolkendecke hernieder schickt! Als Arago seiner Theorie der Sonne ihre letzte Ausbildung gab, hatte Robert Mayer schon seine Gedanken über den Zusammenhang zwischen Wärme und Bewegung veröffentlicht. Freilich war die wichtige Arbeit des Heilbronner Arztes selbst in Deutschland keiner Beachtung gewürdigt worden, und man kann deshalb von vorneherein nicht erwarten, dass in Frankreich darauf Rücksicht genommen werden sollte; dennoch aber muss man erstaunen, dass die hauptsächlichsten Forscher eine Hypothese annehmen konnten, welche zu den Folgerungen führt auf die ich soeben hingewiesen habe. Selbst wenn die Wärmestrahlung der Sonne geringer wäre als sie ist, müsste sie, wegen der verhinderten Ausstrahlung des innern Kerns, diesen im Laufe der Zeit bis zur Temperatur der Photosphäre erhitzen. Um sich von der Wärmemenge, welche die Sonne ausstrahlt, eine richtige Vorstellung zu machen, ist daran zu erinnern, dass nach den Messungen von Pouillet und Sir John Herschel die Sonne, im Zenith stehend, in jeder Minute der Erde so viele Strahlen sendet, um eine Eisschicht von 0.00728 Zoll Dicke zu schmelzen. Berücksichtigt man die Absorption der Wärme in der Erdatmosphäre, so ergibt sich, dass die jährlich den Erdball treffende Sonnenwärme eine Eisschicht zu schmelzen vermag, welche die ganze Erde 100 Fuss hoch bedeckt. Nun treffen aber nur die wenigsten Wärmestraahlen der Sonne unsern Erdball, die überwiegend meisten gehen neben der Erde vorbei und sind für diese verloren. Denkt man sich mit der mittlern Distanz der Erde von der Sonne als Radius, eine Kugel um das Sonnencentrum beschrieben, so bedecken die Sonnenstrahlen die ganze innere Fläche dieser Kugel und kein Strahl kann vorbeigehen. Der Durchschnitt der Erdober-

fläche mit der Oberfläche dieser Kugel verhält sich aber zu letzterer wie 1 zu 2300 Millionen. Sonach wird die Erde nur von dem 2300 millionten Theile derjenigen Strahlen getroffen, welche die Sonne überhaupt aussendet. Berechnet man diese Wärmequantität nach dem Verhältnisse der Wärme, welche durch die Verbrennung von Steinkohle erzeugt wird, so ergibt sich, dass die jährliche Wärmestrahlung der Sonne so gross ist, dass sie der Verbrennungswärme einer Kohlschicht gleichkommt, die 17 Meter hoch die ganze Sonnenoberfläche bedeckt. Es leuchtet Jedem ohne Schwierigkeit ein, dass eine so ungeheure Gluthmasse nicht Myriaden Jahre hindurch von einer Wolkenschicht abgehalten werden kann, den Kern der Sonne zu erhitzen und zu verbrennen. Die Sonne selbst kann demnach nicht dunkel und kalt sein und die Sonnenflecken sind keine trichterartigen Oeffnungen bis zur Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers und erscheinen nicht „mehr oder weniger dunkel, je nachdem die Oeffnung über sandigem und felsigem Boden oder Meeren steht“, sondern aus anderen Gründen. Auch kann die Sonne nicht bewohnt sein, und das Bedauern, welches man bezüglich der supponirten Sonnenbewohner darüber ausgesprochen hat, dass sie nur gelegentlich durch die trichterförmigen Oeffnungen der Flecke einen Blick in den Weltraum werfen könnten, ist durchaus verfrüht gewesen. Das wichtige neue Hilfsmittel der Spectralanalyse hat mit Evidenz gezeigt, dass der Sonnenkern ein in höchster Weissgluth befindlicher Ball ist, der nach aussen hin von minder heissen, glühenden Gasschichten umgeben wird. Der Ursprung dieser Gluth ist durch die Bildungsgeschichte des Sonnensystems gegeben, wie dieselbe bereits Kant vorschwebte aber erst von Laplace genauer erläutert worden ist. Die Sonne zehrt Jahr für Jahr von der

ungeheuren Hitze, welche der sich zusammenziehende Nebelball besass, aus dem unser Planetensystem sich vor Zeiten gebildet hat. In Folge der langen Reihe von Jahrmyriaden, während deren die Sonne ununterbrochen Wärme ausstrahlte, ohne genügende Compensation für diesen Verlust zu erhalten, ist sie gegenwärtig bereits in ein Stadium getreten, in welchem stellenweise locale Temperaturerniedrigungen bis zur Bildung fester oder wolkenartiger Massen (der Sonnenflecke) stattfinden. Im Verlaufe der kommenden Jahrtausende wird die Temperaturabnahme immer mehr voranschreiten, bis zuletzt, nach Millionen Jahren, die ganze Sonnenoberfläche von einer festen Kruste umhüllt ist und kein Licht und keine Wärme mehr in bemerkenswerthem Masse nach Aussen gesandt werden. Die Sonne erscheint in dieser, auf mechanischen und physikalischen Gesetzen basirten Theorie keineswegs mehr als ein ganz besonders organisirter, nur zum Leuchten und Erwärmen bestimmter Körper. Diese beiden Eigenschaften sind vielmehr nur zeitliche, der Sonnenkörper muss sie dereinst einbüßen, wie die viel kleineren Planeten sie längst eingebüsst haben, und es wird der Sonne nur bleiben ihre grössere Masse und demgemäss ihre stärkere Anziehung, welche sie zur Herrscherin im Planetensysteme erhebt.

Die Hypothese Zöllner's, wonach unsere Sonne durch eine Reihe von Zwischenstadien aus dem Zustande eines dunstartigen Nebelballes bis zu demjenigen eines dunklen festen Körpers gelangen wird, verknüpft in glücklichster Weise alle Erscheinungen, welche unser Sonnensystem in seinen Entwicklungszuständen darbietet, mit den Phänomenen, die uns in dem unermesslichen Heere der Fixsterne am nächtlichen Himmel begegnen. Ja, wir sind an ihrer Hand im Stande, neue und überraschende Gesichtspunkte zu gewinnen, an die bis dahin Niemand

denken konnte. So z. B. erscheint die ungleiche Helligkeit der Fixsterne nicht allein bedingt durch Abstand und ursprüngliche Verschiedenheit, sondern auch durch die Dauer während deren die Sterne bereits leuchteten, d. h. durch ihr Alter. Das Alter des Sonnensystems ist ein vergleichsweise jugendliches, denn unsere Sonne ist noch sehr weit von dem Zeitpunkte entfernt, in welchem ihre Oberfläche mit einer festen Kruste bedeckt sein wird. Im Reiche der Fixsterne dagegen müssen wir, wie gewisse astronomische Thatsachen wahrscheinlich machen, eine grosse Anzahl dunkler Körper von beträchtlichen Massen annehmen und wir dürfen schliessen, dass diese vor vielen Millionen Jahren ebenfalls leuchteten, aber nach und nach erkalteten und erstarrend für den directen Anblick verschwanden. Diese nun verschwundenen Sterne wurden aber gewiss zum Theile früher gebildet als unsere Sonne; denn es wäre eine durch Nichts begründete Hypothese, anzunehmen, dass unserer Sonne ursprünglich die grösste Wärmequantität zukomme, und sie deshalb länger leuchte als andere Sterne. Das Verlöschen der Sterne geht natürlich äusserst langsam und allmählig vor sich. Denn die Abnahme des Lichtes ist eine successive und vertheilt sich, ehe sie merklich wird, auf eine Jahresreihe, die an Länge derjenigen der geologischen Perioden sicherlich vergleichbar ist. Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn in der kurzen Spanne Zeit, während der wir den Sternenhimmel durchforschen, kein Beispiel eines wirklich verschwundenen Sternes mit Sicherheit hat constatirt werden können. Allerdings zählt Hevel fünf Tychonische Sterne auf, von denen er behauptet, dass sie zu seiner Zeit verschwanden, allein wie wenig sicher diese Angabe sein mag, erhellt daraus, dass selbst William Herschel einen Stern (Nr. 9 des Flamsteed'schen

Kataloges, im Stier) als verschwunden angibt, der nichts destoweniger sich am Himmel vorfindet. Wo sich wirklich Sterne nicht mehr vorfinden an Orten des Himmels die sie früheren sicheren Beobachtungen zufolge einnahmen, hat man bis jetzt stets bestätigt gefunden, dass sie entweder Sterne von veränderlicher Helligkeit, oder Planeten die man für Fixsterne hielt, sind. Dagegen ist es nicht weiter zweifelhaft, dass, wenn man etwa aus der Zeit der Steinkohlenperiode der Erde Sternkarten besässe, die, wie der wundervolle Himmelsatlas von Argelande in Bonn, alle Sterne bis zur 9—10 Grösse umfassten, man gewisse Sterne heute verschwunden finden würde, und zwar in Wirklichkeit verschwunden, insoferne ihr Licht in diesem langen Zeitraume so sehr abgenommen hätte, dass sie mit unseren Hilfsmitteln nicht mehr wahrgenommen werden könnten. Man hat früher häufig behauptet, dass manche Sterne so weit von uns entfernt seien, dass ihr Licht noch nicht Zeit gehabt habe, bei der Erde anzulangen. „Die Geschwindigkeit des Lichtes“, sagte Mädler, „ist eine endliche; vom Beginne der Schöpfung bis zu unseren Tagen ist eine endliche Zeit verflossen, und wir können also die Himmelskörper nur wahrnehmen, bis zu der Entfernung, welche das Licht in jener endlichen Zeit durchläuft. Da sich der dunkle Himmelsgrund in dieser Weise ausreichend erklärt, ja als nothwendig darstellt, so fällt auch die Nöthigung weg, eine Lichtverschluckung zu supponiren. Statt zu sagen, das Licht gelange aus jenen Entfernungen nicht mehr bis zu uns, muss man sagen: es ist noch nicht bis zu uns gelangt.“ Wenn nicht gerade unser Sonnensystem, welches zweifellos ein Alter von vielen Millionen Jahren besitzt, zuerst unter allen Systemen himmlischer Körper erschaffen worden ist und die übrigen viel später, eine

Annahme, wozu nicht der geringste Grund vorhanden ist, so liegt die Unzulässigkeit des Mädler'schen Reasonnements auf der Hand. Wenn Herschel die Zeit des Lichtes für die entferntesten, in seinem Telescope noch wahrnehmbaren Nebelflecke auf zwei Millionen Jahre veranschlagte, so darf man nicht vergessen, dass diese Schätzung sich auf die Annahme stützt, jene Nebelflecke seien entfernte Sternhaufen, eine Annahme, welche durch seine späteren Untersuchungen und durch die Ergebnisse der Spectralanalyse unhaltbar geworden ist. Bei seinen Untersuchungen über die raumdurchdringende Kraft der Telescope kam Herschel zu dem Resultate, dass sein 40füssiger Reflector 2300 Sternweiten tief in den Raum eindringt. Nun beträgt eine Sternweite in runder Zahl 20 Billionen Meilen, welche das Licht in 16 Jahren durchläuft. Sonach würden also die entferntesten Sterne, welche Herschel's Instrumente noch zu erreichen vermochten, so weit von uns entfernt stehen, dass der Lichtstrahl diese Distanz erst in 37000 Jahren zurückzulegen vermag. Allein auch diese Distanz jener äussersten Sterne ist noch zu gröss. Herschel ging nämlich bei seiner Berechnung von der Annahme aus, dass der Weltraum absolut leer sei, und daher der Lichtstrahl nur eine Schwächung im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung erleide. Diese Voraussetzung ist aber entschieden unrichtig. Schon Struve hat nachgewiesen, dass eine beträchtliche Absorption des Sternenlichtes bei seinem Durchgange durch die Himmelsräume stattfindet und findet für die raumdurchdringende Kraft des 40füssigen Teleskops nur den sechsten Theil des Betrages den W. Herschel dafür berechnete. Man kann nun allerdings der Struve'schen Berechnung in Bezug auf die Quantität der Lichtabsorption im Weltraume Einwürfe machen, und sie ge-

ringer anschlagen, aber ihre Existenz selbst ist nicht mehr in Frage zu stellen. Schon die Thatsache, dass Licht und Wärme von den Fixsternen sich bis zu unserer Erde fortpflanzen, zwingt zu der Annahme eines Mediums, in welchem diese Fortpflanzung stattfindet. Sobald dies aber einmal feststeht, ist die weitere Folgerung, dass bei dieser Fortpflanzung eine, wenn auch für kleinere Distanzen verschwindend geringe, Absorption der Lichtwellen in jenem Medium statffinde, eine physikalisch durchaus gerechtfertigte. Dieses Medium pflegt man gegenwärtig mit dem vieldeutigen Namen *Aether* zu bezeichnen; von specielleren Eigenschaften weiss man nur, dass er der Gravitation unterworfen sein muss, weil bis jetzt überhaupt die Annahme von sogenannten Imponderabilien sich noch nirgendwo stichhaltig erwiesen hat. Schon im Jahre 1842 hat der scharfsinnige *Grove* darauf aufmerksam gemacht, dass es weit mehr mit den bekannten Thatsachen übereinzustimmen scheine, wenn man das Licht als das Resultat der Undulationen materieller Moleküle betrachte, als von einem sie durchdringenden gewichtslosen *Aether* herleite. Die mechanische (dynamische) Wärmetheorie reicht mit dem *Aether* zur Darstellung der Erscheinungen nicht aus, während die molekulare Thätigkeit der gemeinen Materie alle Phänomene erklärt. Wenn aber Wärme fortgeleitet, zurückgeworfen, gebrochen oder polarisirt wird und wir dieses als durch Zustände der ponderablen Materie bedingt ansehen, weshalb sollen wir dieselben Wirkungen beim Lichte als durch einen imponderablen *Aether* verursacht betrachten müssen? Dafür ist offenbar nicht der geringste Grund vorhanden. Wenn aber das Medium, welches das Licht durch die Himmelsräume radiirend fortträgt, in der That nichts als höchst feine Materie, eine Art ponderablen Fluidums ist, so ist es klar, dass

die Intensitäten der Lichtstrahlen, falls sie sehr lange Wege durchlaufen, eine besondere Schwächung oder Absorption erleiden müssen. Von einer gewissen Distanz ab können in Folge dieser Absorption gar keine Strahlen mehr bei der Erde anlangen und kein künstliches Mittel ist im Stande, diese Grenze überschreiten zu helfen. Unter Grundlegung von Struve's Rechnungen findet man, dass die Entfernung von etwa 1000 Sternweiten oder 16000 Jahren Lichtzeit wohl niemals von einem Teleskope wird überschritten werden können. Was also an Gestirnen über diese Distanz hinausliegt, existirt für uns nicht, wir werden nie etwas davon erfahren. Da aber unsere Erde zweifellos älter als 16000 Jahre und gewiss älter als selbst 16 Millionen Jahre ist, so braucht man nicht darüber besorgt zu sein, dass nach und nach neue Sterne am Himmelsgewölbe auftauchen werden, deren Licht seit ihrer Entstehung noch nicht Zeit genug fand, bei uns anzulangen. Dagegen müssen im Laufe der Jahrtausende gewisse Sterne schwächer werden, bis sie sich unseren Blicken ganz entziehen. Ob solche Lichtabnahme sich bei einigen Sternen bereits in den Beobachtungen wahrnehmbar gemacht habe, ist ebenso wie die Frage nach dem Verschwinden gewisser Sterne, schwierig zu beantworten, wahrscheinlich ist es nicht, weil unsere Beobachtungen einen viel zu kurzen Zeitraum umfassen.

Die Thatsache, dass von Zeit zu Zeit neue Sterne, bisweilen von sehr bedeutender Helligkeit, an Orten des Himmels sichtbar werden, wo früher nie dergleichen gestanden, ist keineswegs als ein Einwurf gegen die Behauptung, dass Fixsterne im Verlaufe der Jahrtausende verschwinden, zu betrachten. Die neuen Sterne gehören vielmehr zu einer ganz besondern Klasse von Erscheinungen; sie bieten uns Belege zu dem, was man, um

einen Ausdruck William Herschel's zu gebrauchen, als eine „Erneuerung in den Laboratorien des Weltalls“ betrachten könnte.

Das Auflodern neuer Sterne bezeichnet ausnahmsweise Vorgänge unter dem Heere der Millionen von Fixsternen; es bringt uns Kunde von Thatsachen, die ausserhalb des normalen Ganges der Dinge vor sich gingen. Schon der Umstand, dass die meisten neuen Sterne, deren die Geschichtsschreiber gedenken, in der Nähe der Milchstrasse aufloderten, hat einzelne der alten Astronomen, unter ihnen Tycho Brahe, auf die Hypothese einer Zusammenballung dieser Sterne aus dem leuchtenden Nebelstoffe der Milchstrasse geleitet. Bei seiner Beschreibung des neuen Sterns, der 1572 in der Kassiopeja aufloderte, bemerkt Tycho, dass man sogar noch die Stelle zu erkennen glaube, wo der leuchtende Nebelstoff der Milchstrasse entzogen worden sei. Diese Hypothese ist freilich schon aus dem einfachen Grunde unzulässig, weil die Milchstrasse gar keine Nebelmasse, sondern eine Anhäufung zahlloser teleskopischer Sterne ist. Aber auch die Beobachtungen des Gestirns selbst, durch Tycho, zeigen, dass dasselbe in der kurzen Zeit von 15 Monaten die bedeutendsten physischen Umwandlungen erlitt, bis es zuletzt verschwand. Soll es aber zulässig sein, einen plötzlich sich bildenden Stern anzunehmen, der, hellfunkelnd, in weisser Farbe, alle andern Gestirne überstrahlend, auflodert, in wenigen Monaten seine Helligkeit nach und nach verliert, dann seine Farbe in Gelb und hierauf in Roth verwandelt und zuletzt verschwindet? Oder scheint es nicht schon an und für sich richtiger, den Stern als stets vorhanden und nur sein kurzzeitiges Auflodern als eine besondere und vorübergehende Eigenthümlichkeit desselben zu betrachten? Das

Auflodern neuer Sterne, eine Weltbegebenheit in den Tiefen der Himmelsräume, war schon Newton geneigt, mit Brand und Zerstörung eines Himmelskörpers zu identificiren. Die Lehre von der Erhaltung der Kraft hat diese Hypothese durchaus gerechtfertigt. Schon im Jahre 1848 überreichte Robert Mayer der Pariser Akademie eine, von dieser freilich nicht weiter beachtete, Schrift, in welcher er entwickelte, dass durch den endlichen Zusammensturz von vorher unsichtbaren Doppelsternen neue Fixsterne von kurzzeitigem Lichte entstehen müssen. Wenn der Mond auf die Erde herabstürzte, so würde, wie die Rechnung zeigt, die vereinigte Masse sofort in die höchste Gluthitze gerathen, die Erde würde sonnenartig leuchten. Aus Fixsternentfernung gesehen, würde sich das Phänomen als ein plötzliches Auflodern der Sonne darstellen. Genau dasselbe zeigt sich uns beim Auflodern der neuen Sterne, doch kann man bei der beträchtlichen Lichtentwicklung, welche die meisten derselben darboten, an die Vereinigung grösserer Massen, wie Erde und Mond sind, denken. Newton dachte an den Herabsturz von Kometen auf Fixsterne. Bezüglich unserer Sonne hielt er dafür, dass der Komet von 1680 dereinst, vielleicht nach 5 oder 6 Umläufen, auf die Sonne stürzen und dadurch die Wärme derselben in solchem Maasse vermehren werde, dass unsere Erde verbrennen und alle lebenden Wesen auf derselben ihren Untergang finden würden. Beiläufig bemerkt, näherte sich dieser Komet am 18. December 1680 der Sonne bis auf 31000 Meilen, allein nach der Bahnberechnung von Encke entfernt er sich im Aphel von der Sonne bis zu 8600 Millionen Meilen und vollendet seinen Umlauf in 8800 Jahren. Wenn also Newton's Vermuthung richtig wäre, so würde der Zusammensturz des Kometen mit der Sonne in etwa 45000 bis 54000

Jahren stattfinden. Inzwischen entbehrt diese Vermuthung, wie wir jetzt behaupten können, jedes Grundes, und es ist höchst wahrscheinlich, dass die Bahn dieses Kometen innerhalb eines Zeitraumes von 8800 Jahren die bedeutendsten Umgestaltungen erleidet.

Das Auflodern eines Sternes, der früher nur als ein Sternchen 9. oder 10. Grösse am Himmel stand, im Jahre 1866, zu einer Zeit, wo die Spectralanalyse ein Mittel bot, analysirend bis in die entferntesten Tiefen des Weltraumes einzudringen, hat die Frage nach der wahren Ursache der sogenannten neuen Sterne entschieden. Die Untersuchung mittels des Spectroscopes ergab zwei Spectra. Das eine zeigte Aehnlichkeit mit demjenigen unserer Sonne; es bewies das Vorhandensein einer glühenden Lichtquelle, die von minder heissen Dämpfen umhüllt ist. Das zweite Spectrum zeigte die Anwesenheit einer bedeutenden hochglühenden Gasmasse. Huggins, der diese Beobachtungen angestellt, glaubt, das plötzliche Auflodern des Sternes sei dadurch hervorgebracht worden, dass sich aus dem Innern jenes Fixsternes plötzlich eine grosse Menge Wasserstoff entwickelt habe, der, in Brand gerathend, die feste Masse zum Glühen erhitzte. Diese Erklärung ist indess entschieden unrichtig. Denn erstlich ist gar nicht einzusehen, woher die erforderlichen Mengen von Wasserstoff gekommen sein sollen; aus dem Innern des Fixsternes, wie Huggins glaubt, sicherlich nicht, denn dieser Fixstern besitzt ein Spectrum, wie unsere Sonne, d. h. er ist stets eine glühende Masse gewesen, die von einer weniger heissen Gashülle umgeben ist, wo sollte da der Wasserstoff, ohne in's Glühen zu gerathen, bis zum Jahre 1866 geblieben sein? Ferner zeigt aber auch das Spectrum nicht den brennenden, sondern vielmehr das Vorhandensein von glühendem Wasserstoff an,

was ebenfalls mit der Erklärung von Huggins nicht in Einklang zu bringen ist. Es verbleibt nur die Annahme des Herabsturzes einer planetarischen Masse auf jenen Fixstern, und diese Annahme ist in der That ausreichend, um von allen beobachteten Erscheinungen Rechenschaft zu geben. Die Thatsache, dass die meisten neuen Sterne in der Nähe der Milchstrasse, oder in dieser selbst aufloderten, ist nicht dadurch zu erklären, dass nach dieser Richtung hin vorzugsweise solche Gestirne liegen, welche zu explosiven, kurzzeitigen Lichtprocessen geeignet sind, sondern vielmehr dadurch, dass in der Milchstrasse überhaupt weitaus die meisten Sterne stehen. Wo aber die zahlreichsten Sterne stehen, kann man natürlich auch am häufigsten auf solche Phänomene rechnen, welche das plötzliche Auflodern einzelner dieser Sonnen bedingen.

Die Ursache des Herabsturzes planetarischer Massen auf ihren Centalkörper ist nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen hauptsächlich in dem Widerstande zu suchen, welchen der Aether der tangentialen Bewegung entgegensetzt. Dass der Aether allenthalben im Weltraume verbreitet ist, beweist die Sichtbarkeit der Gestirne; ob freilich dieselbe unfassbar feine Materie auch die Bahn des Encke'schen Kometen verengt, ist eine andere Frage, die man sehr geneigt sein dürfte zu verneinen, weil diese Abnahme verhältnissmässig äusserst bedeutend sich herausstellt, während man gezwungen ist, den Aether von höchster Feinheit und daher geringster Widerstandsfähigkeit anzunehmen. Wie dem aber auch immer sein möge, jedenfalls beweist die Thatsache, dass durch den ganzen uns sichtbaren Weltraum ein äusserst feines ponderables Fluidum verbreitet ist, dass der ganze Complex der uns wahrnehmbaren Weltkörper ein einheitliches, mit einander in engen Beziehungen stehendes Ganzes bildet, das einer allgemeinen Ursache sein ordnungsmässiges Dasein verdankt.

II.

Im vorigen Briefe habe ich kurz zu zeigen versucht, dass der Bau der Welt, so weit er unsern Sinnen erreichbar ist, keineswegs etwas in sich Abgeschlossenes, für alle Zeiten Vollendetes vorstellt, sondern dass in demselben stetige Veränderungen vor sich gehen und zwar von solchem Umfange und solcher Bedeutung, dass sie unserer Wahrnehmung, selbst in der kurzen Spanne Zeit, die das Menschengeschlecht bis jetzt auf solche Beobachtungen verwenden konnte, nicht ganz zu entgehen vermochten. Wenn hiernach das alte Axiom von der Unverderblichkeit des Himmels sich im Einzelnen als unzulässig erweist, so kann man aber doch fragen, ob nicht die Veränderungen in den einzelnen Gliedern des Weltgebäudes, das Erlöschen und Aufflackern von Sternen, der Herabsturz von Kometen und Meteorsteinen auf andere gerade in deren Bahn befindliche Weltkörper, nur relativ geringfügig bleiben, und der Zustand des Gesamtbaues im Grossen und Ganzen dadurch nicht alterirt wird. Diese Frage ist eine äusserst wichtige und höchst interessante, aber natürlich an der Hand der reinen Beobachtung unlösbar.

Nach dem, was im ersten Briefe von dem Aether entwickelt worden, ist es klar, dass der Herabsturz planetarischer Massen auf ihre Centalkörper, wie er bei einzelnen Sternen im Laufe der geschichtlichen Ueberlieferung nachweislich stattgefunden hat, auch für jeden anderen von

Planeten umkreisten Fixstern stattfinden wird, wenn wir nur einen genügenden Zeitraum zu Hilfe nehmen. In dieser Beziehung steht es aber in unserm Belieben, alle erforderlichen Summen von Jahrtausenden und Jahrmillionen zu gewähren und das Ende wird jedesmal die Vernichtung eines Planeten in seinem Herabsturze auf die Sonne sein, die er früher umkreiste. Dieser Schluss gilt gleichmässig für alle Regionen des uns sichtbaren Weltalls und für jedes Sonnensystem im Raume. Weiter schliessend findet man, dass ganz aus dem nämlichen Grunde im Verlaufe einer genügend langen Zeit Sonnen auf Sonnen stürzen und zuletzt Sternhaufen mit Sternhaufen sich in ein einziges Chaos verwandeln werden, das ebenfalls, wenn wiederum eine genügend lange Zeit verstrichen ist, sich mit den Trümmern anderer Sternhaufen vereinigen muss, bis zuletzt die, endlich vorausgesetzte Gesamtmaterie des Weltgebäudes, in einem einzigen Körper vereinigt erscheinen würde. Das wäre dann das Ende des ganzen Universums. Allein, ist eine solche Aussicht wahrscheinlich? Gibt es nicht andere Kräfte, welche den Zusammensturz des Ganzen aufhalten, oder aus den Trümmern des alten einen neuen Bau errichten werden? Solche Kräfte wird Jeder gern annehmen, der mit Leibnitz die Welt wie sie ist, für die beste aller möglichen Welten hält, und daher, wenn sich die Existenz solcher Kräfte nicht nachweisen lässt, den Finger der Allmacht zu Hilfe rufen, um das Weltgebäude vor der Zerrüttung zu bewahren. Ein derartiges Raisonnement geziemt sich aber freilich für den Naturforscher nicht. Die Meinung, dass die vorhandene Welt die beste aller denkbaren Welten sei, ist zuletzt durch Nichts begründet, sondern bloss eine Concession an die menschliche Eitelkeit, und die Zuhilfenahme der göttlichen Allmacht zur Realisirung einer Lieblings-

idee ist nichts als das deutlichste Eingeständniss des Mangels an Gründen. Es bleibt also nichts übrig, als zuzusehen, ob nicht gewisse allgemein verbreitete Kräfte in der Natur als Gegengewicht oder Stütze den Zusammensturz des Ganzen aufzuhalten vermögen. Clausius ist der Meinung, dass alle Zustände des Weltalls einer gewissen Grenzlage zustreben, einem Zustande des Gleichgewichts und der todten Beharrung, in welchem keinerlei Veränderungen mehr stattfinden werden und können. Er nennt diesen Zustand Entropie und leitet im Anschlusse an Thomson die Nothwendigkeit desselben aus dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmelehre ab. „Das Werk (d. h. die Arbeit), welches die Naturkräfte thun können, und welches in den vorhandenen Bewegungen der Weltkörper enthalten ist“ — sagt Clausius — „wird sich allmählig mehr und mehr in Wärme verwandeln. Die Wärme, indem sie stets von wärmeren zu kälteren Körpern überzugehen und dadurch die vorhandenen Temperaturdifferenzen auszugleichen sucht, wird allmählig eine immer gleichmässigere Vertheilung annehmen, und es wird auch zwischen der im Aether vorhandenen strahlenden Wärme und der Wärme, welche sich in den Körpern befindet, ein gewisses Gleichgewicht eintreten. Endlich werden die Körper in Bezug auf ihre Molekularanordnung einem gewissen Zustande sich nähern, wo, in Anbetracht der herrschenden Temperatur, die Gesamtdisgregation*) eine möglichst grosse ist. — Je mehr die Welt sich diesem Grenz-

*) Disgregation nennt Clausius eine Grösse, welche angibt, wie weit bei einem Körper die von der Wärme angestrebte Trennung und Entfernung seiner kleinsten Bestandtheile schon vollzogen ist. Die Disgregation eines Körpers ist also unter den drei Aggregatzuständen im festen Zustande am kleinsten und im luftförmigen am grössten. Die Wärme sucht die Disgregation der Körper zu vermehren.

zustande nähert, desto mehr nehmen die Veranlassungen zu weiteren Veränderungen ab und wenn dieser Zustand endlich ganz erreicht wäre, so würden auch keine weiteren Veränderungen mehr vorkommen, und die Welt würde sich in einem todten Beharrungszustande befinden. Wenn auch der gegenwärtige Zustand der Welt noch sehr weit von diesem Grenzzustande entfernt ist, und wenn auch die Annäherung an denselben so langsam geschieht, dass alle solche Zeiträume, die wir historische Zeiten nennen, nur ganz kurze Spannen sind im Vergleiche mit den ungeheuren Zeiten, welche die Welt zu verhältnissmässig geringen Umgestaltungen bedarf, so bleibt es immerhin ein wichtiges Ergebniss, dass ein Naturgesetz aufgefunden ist, welches mit Sicherheit schliessen lässt, dass in der Welt nicht alles Kreislauf ist, sondern dass sie ihren Zustand fort und fort in einem gewissen Sinne ändert und so einem Grenzzustande zustrebt.“ Fr. Mohr hat in seinem Buche „Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft“ dieses Ergebniss lebhaft angegriffen. „Zu dem Resultate“, sagt er, „dass die Entropie der Welt einem Maximum zustrebe, liegt kein Grund vor, vielmehr kann man mit Bestimmtheit behaupten, dass das Maximum der Entropie bereits seit unendlicher Zeit erreicht ist. Im Weltgebäude selbst sehen wir keinen Fall, wo Massenbewegung (und eine andere kennen wir ausser Wärme und Licht nicht im Weltall) in Wärme umgesetzt wird wir müssen also auf unsere Erde zurückgehen. Auch diese steht in Bezug auf Wärme mit der Sonne bereits im Gleichgewicht: die Pole starren ewig von Eis und der tropische Gürtel liegt unter den senkrechten Strahlen der Sonne. Weder Kälte noch Wärme nehmen zu oder ab, so lange die Intensität der Sonne und die Entfernung von dieser ungeändert bleibt. Alle mechanische Bewegung löst

sich im Kleinen in Wärme auf und verfliegt in's Weltall und eine gleiche Menge Wärme, von der Sonne kommend, setzt sich in Wind und flüssiges Wasser und chemische Differenz um. Es ist kein Grund vorhanden, zu glauben, dass dieser Zustand nicht ewig dauern könne, so lange die Sonne leuchtet. Wir richten also an die Sonne die Frage, ob sie ewig leuchten könne und müsse. Wenn die auf der Sonne befindliche Summe von Wärme abnehmen soll, so muss sie auf andere Weltkörper übertragen werden. Die sie umkreisenden Planeten können, wie wir an der Erde sehen, nichts mehr von ihr aufnehmen, was sie nicht in der folgenden Nacht wieder verlieren sollten. Zudem ist ihre Masse so unendlich klein, und sind die in dem Weltraume neben ihnen vorbeifliegenden Wärmestrahlen so unendlich gross, dass von einer Zunahme des Planeten an Wärme, die aber gar nicht stattfindet, eine Abnahme der Sonne nicht eintreten kann. An die anderen Fixsterne kann aber die Sonne selbst nichts verlieren, denn diese sind der Sonne gleich zu achten. Wo soll nun aber die Wärme hinkommen, da sie doch nicht aus der Welt heraus kann, und die Grösse des Weltalls auch aus dem Gesetze der Gravitation eine unendliche sein muss? Wenn nun der leere Raum des Weltalls, oder wenn man will der mit verdünnter Luft oder Aether gefüllte Raum, bereits längst diejenige Menge Wärme aufgenommen hat, die er überhaupt aufnehmen kann, so können die von den Sonnen ausgehenden Strahlen nur wieder auf andere Sonnen fallen und jede Sonne muss in ewigem Gleichgewichte so viel Wärme empfangen als sie ausstrahlt. Will man mit der Zeit eine Abnahme der Sonnen an Wärme voraussetzen, so muss man erst nachweisen, wo diese Wärme hinkommen soll, da sie nicht verschwinden kann; andererseits setzt jede Abnahme in der Zeit eine Entstehung des Weltalls in der Zeit

voraus, gegen welche die Natur der Materie und der Kraft, als unvergängliche Objekte, streitet, und gibt man die Existenz der Welt ohne Anfang zu, so ist nicht einzusehen, warum seit der unendlichen Zeit ihres Bestehens alle Veränderungen und Ausgleichungen nicht sollten stattgefunden haben, die überhaupt im Laufe der Zeiten eintreten können.“

Trotzdem ich Herrn Professor Mohr für einen der geistreichsten Naturforscher der Gegenwart halte, kann ich nicht umhin, die Zulässigkeit seiner vorstehend mitgetheilten Ausführungen zu bezweifeln. Die Bemerkung, dass im Weltgebäude kein Fall nachweisbar sei, wo Massenbewegung in Wärme umgesetzt werde, wird durch die Ergebnisse der Spectralanalyse in der Untersuchung des 1866 erschienenen neuen Sternes in der nördlichen Krone widerlegt, so wie ferner durch die Bemerkung, dass, weil der Weltraum nicht absolut leer angenommen werden kann mit der Zeit sämtliche Planeten auf ihre Centalkörper herabstürzen müssen. Diese Schlussfolgerung ist unangreifbar. Eine fernere Ursache zu Einwendungen gibt die Bemerkung, dass die von den einzelnen Sonnen ausgehenden Strahlen nur wieder auf andere Sonnen fallen, und jede Sonne in ewigem Gleichgewichte so viel Wärme empfangt, als sie ausstrahlt. Man muss nämlich hierbei fragen, wesshalb denn die Wärme der einzelnen Fixsterne bloss diesen untereinander zu Gute kommen solle und die Planeten leer ausgehen müssen, da in Bezug auf das Aufnehmen der von den zahllosen Fixsternen einander zugeschickten zahllosen Wärmestrahlen ein Planet doch offenbar von einer Sonne sich nur insofern unterscheiden kann, als die Oberfläche dieser letzteren grösser wie die Planetenoberfläche ist. Ich habe im ersten Briefe die Quantität der von der Sonne jährlich ausgestrahlten Wärmemenge angegeben. Wenn diese Wärmemenge ihr lediglich von der

Fixsternwärme wiederersetzt würde, so würde derjenige Theil der letztern, welcher in derselben Zeit auf die Oberfläche fällt, in demselben Verhältnisse geringer sein, als die Erdoberfläche kleiner ist wie die Oberfläche der Sonne; dieses Verhältniss ist wie 1:11000. Es bedarf keiner Bemerkung, dass eine solche Wärme der Erde von den Fixsternen gar nicht zugeführt wird. Was sie in dieser Beziehung erlangt, ist so überaus gering, dass es nur bei einigen wenigen Sternen Huggins neuerdings gelungen ist, mit den empfindlichsten Apparaten die Wärmestrahlung derselben eben noch zu erkennen.

Es scheint also, als wenn der von Clausius behauptete Grenzzustand der Welt in der That angestrebt würde. Doch ist nicht zu vergessen, dass nur dann dieser Grenzzustand jemals erreicht werden kann, wenn die Summe der Materie im unendlichen Raume eine endliche ist; andernfalls kann die Entropie niemals ein Maximum erreichen, selbst wenn sie an unendlich vielen Punkten angestrebt wird. Die gegenwärtig meist geltenden Anschauungen begünstigen überwiegend die Annahme einer unendlich grossen Summe von Materie im unendlichen Raume. Uebrigens vermag ich die logische Nothwendigkeit dieser Annahme nicht einzusehen. Im Gegentheile sagt sie bei schärferer Interpretation nichts anderes aus, als dass in jedem Momente neuer Stoff erschaffen wird, indem, wie Gauss scharfsinnig bemerkt, das Unendliche nur als ewig Unvollendetes aufzufassen ist. Aber auch wenn wir eine begrenzte Summe von Materie, also eine Endlichkeit des Stoffes annehmen, gelangen wir zu einem seltsamen und keineswegs der Neigung gegen ein Maximum der Entropie günstigen Resultate. Um Ihnen dieses in möglichster Kürze klar zu machen, muss ich Sie daran erinnern, dass Alles, was im Weltall vor sich geht, eben zu diesem Vorsichgehen einer Anzahl von Bedin-

gungen bedarf. Je mehr Bedingungen nothwendig sind, welche zusammenwirken müssen, um eine Erscheinung hervorzurufen, um so seltner wird unter übrigens gleichen Umständen diese letztere eintreten. Ist die Anzahl der nothwendigen Bedingungen unendlich gross, so ist die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der Erscheinung unendlich klein. Man darf daher mit Bezug auf das Weltall sagen: „Alles was möglich ist, muss geschehen, und möglich ist jedes Ereigniss, dessen Eintreten nur abhängig ist von der Erfüllung einer, wenn auch noch so grossen endlichen Anzahl Bedingungen, von denen jede einzelne zu jeder Zeit erfüllt sein kann.“ Dieser Satz ist in dieser Form von Gustav Hansemann in seinem Buche „Die Atome und ihre Bewegungen“ formulirt worden, einem Buche, dessen Bedeutung zur Zeit noch lange nicht hinreichend gewürdigt wird. Derselbe Forscher hat auch gleich eine wichtige Consequenz aus diesem Satze gezogen, indem er sagt: „Was zu irgend einer Zeit möglich ist, das muss nothwendigerweise im Laufe der unendlichen Zeit — nicht einmal, denn dies würde schon die unendlich kleine Wahrscheinlichkeit bedingen — sondern unendlichmal geschehen.“ Nun ist das Weltall in seiner heutigen Daseinsform wirklich und daher möglich, es müsste also nach dem Hansemann'schen Satze diese Form in ewigem Kreislaufe wiederholen, in ewigem Wechsel alle möglichen Daseinsformen und darunter die heutige, durchlaufen. Dass dies die merkwürdigste Consequenz ist, zu welcher die Wissenschaft bis heute gelangte, brauche ich nicht besonders hervorzuheben und ebenso klar ist es, dass damit die Thomson-Clausius'sche Schlussfolgerung nicht bestehen kann. Es fragt sich nur, welcher von beiden Sätzen die Wirklichkeit für sich hat, und ferner, ob die Annahme einer begrenzten Summe des

Stoffes richtig ist. Sie sehen, wie die Wissenschaft von heute, auf Grund streng physikalisch-mathematischer Schlussfolgerungen in Regionen sich erhebt, die man ihr stets vollkommen entrückt glaubte.

Es wurde bereits oben die Frage aufgeworfen, ob es wahrscheinlich sei, dass durch Anziehung und Umsetzung der Massenbewegung in Wärme alle Materie des Welt- raumes sich schliesslich in einen einzigen Körper vereinigen werde. Auch diese Frage hat Gustav Hanse- mann an der Hand einer exacten physikalisch-mathema- tischen Untersuchung zu beantworten gesucht. Unter gewissen plausiblen Annahmen über die Form und Wir- kung der Atome der Materie, findet er, dass bei gewissen endlichen Werthen für die Massen und den Bewegungs- raum zusammenstossender Weltkörper „die lebendige Kraft ihrer Körperatome diejenige Grösse erlangt, bei welcher eine Auflösung im Aether erfolgen muss.“ Bei jedem Zu- sammenstosse von Weltkörpern, deren Massen und Be- wegungsräume nicht diejenigen Grössen besitzen, welche zur Auflösung im Aether nothwendig sind, kann eine dauernde Vereinigung stattfinden; da aber durch jede solche Vereinigung die durchschnittliche Grösse der Massen und Bewegungsräume der bestehenden Weltkörper wächst und da die Wahrscheinlichkeit des Zusammenstosses immer einen endlichen Werth behält, so muss schliesslich jeder Weltkörper durch Zusammenstossen mit einem an- dern im Aether aufgelöst werden“. Hanse mann zeigt nun weiter, dass nach jedem Zusammenstosse die lebendige Kraft der Aetheratome wächst, und dadurch auch die Wahr- scheinlichkeit, dass die Körperatome von Weltkörpern bei späteren Zusammenstössen vollständig zerstreut werden. „Jeder Weltkörper“, sagt er, „kann hiernach während seines Bestehens durch Zusammenstösse mit anderen zwar grösser

werden; dieses Grösserwerden ist jedoch immer begrenzt, weil, dem Vorhergehenden gemäss, schliesslich jeder Weltkörper nach einer mehr oder weniger grossen, jedoch immer endlich bleibenden Dauer seiner Existenz, durch irgend einen Zusammenstoss mit einem andern zerstört und seine Körperatome vollständig zerstreut werden müssen. Während der Zerstreung der Körperatome zerstörter Weltkörper wird lebendige Kraft in Anziehungslagenwerth (Spannkraft, potentielle Energie) verwandelt. Der Vorrath an lebendiger Kraft, welchen das Weltall besitzt, nimmt daher ab; zugleich entsteht aber durch den geschaffenen Anziehungslagenwerth die Möglichkeit, dass der verschwundene Theil jenes Vorrathes wieder erzeugt werde, und die Wiedererzeugung geschieht, indem sich die zerstreuten Körperatome, in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung zu neuen Weltkörpern mit neuen Massenbewegungen vereinigen.“ Hier hätten wir also, entgegengesetzt dem Clausius'schen Schlusse, einen ununterbrochenen Kreislauf; die Wahrscheinlichkeit dieses Ergebnisses wächst in dem Masse, als die Grundlagen der ganzen Untersuchung, die Anschauung über die Natur und Beschaffenheit der Körperatome, an wissenschaftlicher Sicherheit gewinnen. Jedenfalls zeigt die Untersuchung der Himmelsräume mittels der mächtigsten Teleskope dort Vorgänge, die weit eher mit der Theorie eines steten Kreislaufes in den Bildungen der himmlischen Körper, als mit jener, welche das gesammte Weltall einem Endzustande entgegenführt, harmoniren. Es ist nicht unmöglich, dass jene ausgedehnten, weitverbreiteten, ausserordentlich feinen Nebel, welche duftartig grosse Räume des Himmels überziehen und die Herschel in seinen kraftvollsten Teleskopen nur zu erkennen vermochte, wenn er das Auge vorher im Dunkeln ausgeruht hatte, aus den zerstreuten Körperatomen ehe-

maliger Sternsysteme bestehen, welche sich dereinst wiederum zu Sterngebilden verdichten werden. Die Menge dieses feinsten Nebels ist im Weltraume ausserordentlich gross. William Herschel hat eine Tabelle desselben zusammengestellt, aus welcher sich ergibt, dass 152 Quadratgrade des Himmels von solchem „Weltdunste“ überzogen sind, eine ungeheure Ausdehnung, wenn man bedenkt, dass wegen seiner überaus grossen Zartheit gewiss nicht aller Nebel dieser Art für unsere Teleskope sichtbar ist. Es ist klar, dass es wenig logisch wäre anzunehmen, jener Nebel habe sich seit jeher auf dieser Stufe der Entwicklung befunden und werde also auch in jeder fernen Zukunft auf derselben vorhanden sein; dass dagegen seine heutige Existenz sich leicht und ungezwungen erklärt, wenn wir einen grossen Kreislauf der Weltenbildung zugeben. Ob freilich die Veränderungen, welche ein solcher Kreislauf der Materie der Himmelsräume mit sich bringt, uns direct wahrnehmbar sein werden, ob wir sie in einzelnen Fällen sicher nachzuweisen vermögen, das ist eine Frage, die nur an der Hand der Beobachtung beantwortet werden kann.

Von grossen Gesichtspunkten ausgehend, war schon der ältere Herschel bestrebt, in den Tiefen des Himmelsraumes solchen Veränderungen nachzuspüren, welche im Laufe der Zeit im Baue der siderischen Welt vor sich gegangen sind. Er glaubte in der That Regionen des Himmels aufgefunden zu haben, welche die deutlichsten Spuren von Verwüstungen durch die Zeit an sich tragen. „Im Leibe des Skorpions“, sagt er, „ist eine Oeffnung, welche wahrscheinlich von dieser Ursache herührt. Ich fand diese Oeffnung, als ich in dem Parallelstreif von 112^0 bis 114^0 Nordpoldistanz aichte.*) Die

*) Das Aichen (*Stare Gage*) Herschel's ist nichts anderes als ein Zählen der Sterne im Gesichtsfelde eines Teleskops, um die mittlere

zeichnen, die dem Aussehen grosser, leicht auflösbarer Nebelflecke gleichen. Ausser diesen allgemeinen Abtheilungen berechtigen uns gewisse Beobachtungen, das Aufbrechen der Milchstrasse in kleinere Theile zu vermuthen, als unvermeidliche Folge der Haufen bildenden Kraft, die aus den überwiegenden Anziehungen entsteht, welche überall in ihrem Umfange sich befinden. Ich habe 157 Beispiele von Sternhaufen angegeben, die sich in der Milchstrasse befinden. Man muss diesen noch 68 weitere hinzufügen, die in den weniger reichen Theilen, oder wie man sie auch nennen kann, den verschwindenden Rändern der Milchstrasse liegen. Denn dieses unermessliche Sternelager bricht keineswegs, wie dies gewöhnlich die Himmelskarten darstellen, plötzlich ab, sondern wird allmählig dem Auge unsichtbar, wenn die Sterne nicht mehr zahlreich genug sind, um den Eindruck desselben Nebelschimmers hervorzubringen. Da nun die Sterne der Milchstrasse ununterbrochen der Einwirkung einer Kraft ausgesetzt sind, welche sie unwiderstehlich in Gruppen zusammenzieht, so können wir überzeugt sein, dass von dem Zustande blosser Annäherung zu Haufen sie stufenweise mehr und mehr durch fortschreitende Zustände von Anhäufung zusammengedrängt werden, bis sie endlich dahin gelangen, was wir die Periode der Reife nennen können, nämlich zu kugelförmiger Gestalt und gänzlicher Isolirung. So muss die Milchstrasse mit der Zeit aufbrechen und aufhören ein Lager zerstreuter Sterne zu sein. Wir können aber noch einen wichtigen Schluss aus dieser allmählichen Auflösung der Milchstrasse ziehen. Der Zustand, in welchen die unaufhörlich wirkende, haufenbildende Kraft sie bis jetzt gebracht hat, ist eine Art von Chronometer, um die Zeit ihres vergangenen und zukünftigen Daseins zu messen. Obgleich wir den Gang dieses geheimnissvollen Chrono-

meters nicht kennen, so ist dennoch gewiss, dass, ebenso wie das Aufbrechen der Milchstrasse in einzelnen Theilen uns den Beweis gibt, dass sie nicht ewig dauern kann, wir darin ebenfalls ein Zeugniß haben, dass sie nicht von Ewigkeit her bestand.“ Das auffallendste Beispiel des Strebens nach Zusammenhäufung der Sterne und Trennung der Milchstrasse in mehrere abgesonderte Theile, zeigt sich nach William Herschel zwischen β und γ im Schwan, wo die Haufenbildung nach zwei verschiedenen Gegenden vor sich geht. Nach einer Berechnung, die sich auf Beobachtungen über die Sternenzahl in verschiedenen Gesichtsfeldern des Teleskops (d. h. also auf Sternaichungen) gründet, lässt sich folgern, dass dort auf einem Raume von 5 Grad Breite mehr als 331000 Sterne stehen, von denen sich die eine Hälfte nach der einen, die andere nach der andern Seite hinzieht. Diese grossartige Ansicht ist freilich nicht über jeden Einwurf erhaben. Wir kennen nämlich bloss die optische Ausstreuung dieser Sterne an der Himmelsdecke, also ihre scheinbare Gruppierung, wie sie sich aus weiter Ferne, von der Erde gesehen, darstellt, und wissen im Einzelnen nichts ganz Sicheres über ihre Stellung zu einander im Raume. Gewisse Untersuchungen, auf welche ich hier nicht näher eingehen kann, die aber ausführlich im zweiten Theile meines Handbuchs der allgemeinen Himmelsbeschreibung *) nachgelesen werden können, führen zu dem Resultate, dass die Anschauungen William Herschel's über den Bau der Milchstrasse sehr unrichtig waren; auch hat der grosse Astronom sie vor seinem Tode vollständig aufgegeben, indem er die Milchstrasse als unergründlich bezeichnete. Meine eignen Untersuchungen haben mich zu dem Ergebnisse geführt,

*) Braunschweig 1872.

dass es im Universum, soweit unsere bewaffneten Blicke reichen, nur eine Milchstrasse gibt. Jene ringförmigen Nebel, in welchen manche Astronomen Analoga unserer Milchstrasse zu erblicken glaubten, verschwinden an Grösse und Bedeutung vollständig neben dieser. Um sich die Stellung der Milchstrasse im Universum klar zu machen, sei daran erinnert, dass unser Planetensystem eine mittlere Ebene besitzt, um welche nahe herum die Planetenbahnen gruppiert sind. Man kann als solche Ebene die Ebene des Sonnenäquators betrachten. Nun, was diese für unser Planetensystem, das ist eine andere Ebene für die Sternsysteme. Letztere, meist kugelförmig oder elliptisch, sind nahe um eine mittlere Ebene gruppiert, die uns desshalb als Ebene der Milchstrasse erscheint. Die Ringform ist nur eine optische Täuschung und wird hervorgerufen durch die Lagerung der überaus grossen Menge von Sternhaufen und Sterngruppen in jener Ebene. Einem dieser Sternhaufen gehört die Sonne an, sowie der Sternenhimmel, der sich nächtlich über unserm Haupte ausspannt und durch welchen hindurch wir die anderen Sternhaufen in weiter Entfernung, optisch neben- und hintereinanderstehend, als nebeligten Streifen in Gestalt eines grössten Kreises den Himmel umziehen sehen. Wie Blätter auf der Oberfläche eines Teiches, so schwimmen ganze Sternsysteme auf einer Oberfläche, welche sich uns als Ebene der Milchstrasse darstellt. Wir begreifen nun auch, wesshalb dieser ungeheure Complex selbst in den mächtigsten Teleskopen sich als unergründlich darstellen muss, und wesshalb wir über die äussere Begrenzung dieses Sternenringes nichts wissen können. Das Auseinandertreten der Sternanhäufungen, dessen William Herschel erwähnt, ist sehr wahrscheinlich nur ein scheinbares und dadurch hervorgerufen, dass sowohl jene Sternschwärme, als auch der Fixstern-

haufen, zu dem wir selbst zunächst gehören, Eigenbewegungen im Raume besitzen, und in Folge dieses Umstandes allein, nicht aber veranlasst durch haufenbildende Kräfte, das Auseinandertreten derselben an der Himmelsdecke für unser Auge hervorgerufen wird. Ueber die hier behandelten Erscheinungen, welche uns die himmlischen Körper im Weltenraume darbieten, würden wir zweifellos weit gründlicher und sicherer urtheilen, und die grossen Gesetze, nach welchen sie stattfinden, weit klarer erkennen können, wenn unsere Beobachtungen sich über den Zeitraum von mehreren Millionen Jahren erstreckten. Unsere ephemere Existenz und der Umstand, dass die Erforschung der Tiefen der Himmelsräume erst von gestern datirt, beraubt uns jeder Hoffnung, aus den wirklich wahrgenommenen Veränderungen in dem Baue und den Lagerungsverhältnissen der Sternhaufen, Schlüsse über die Gesetze nach welchen sie vor sich gehen, über die Bildung und Geschichte des Weltenbaues, zu ziehen. Unter diesen Umständen hat William Herschel mit grossem Scharfsinne zuerst den einzigen Weg betreten, der einige Möglichkeit der Aussicht gewährt, an der Hand directer Beobachtungen der Lösung dieses gewaltigsten Problems, das sich dem menschlichen Geiste darbieten kann, ein paar Schritte näher zu rücken. Dieser Weg besteht in der vergleichenden, kritischen Untersuchung der neben einander bestehenden Formen, um daraus auf das Nacheinander, auf die Bildungs- und Entwicklungsgeschichte der Weltsysteme zu schliessen. Diese Methode, den Himmel zu betrachten, sagt Herschel selbst, scheint ihn in ein neues Licht zu setzen. Nun gilt die Ansicht, als gleiche er einem üppigen Garten, der eine grosse Mannigfaltigkeit von Erzeugnissen in verschiedenen, blühenden Beeten enthält; und ein Vorthail, den wir wenigstens aus demselben

einernten können, ist der, dass wir gleichsam den Schwung unserer Erfahrung auf eine unermessliche Dauer ausdehnen können. Denn, um das Gleichniss fortzusetzen das ich dem Pflanzenreiche entlehnte, so ist es nicht gleichgiltig, ob wir fortleben, um nach und nach das Sprossen, Blühen, Belauben, Früchtetragen, Verwelken und Verwesen einer Pflanze anzusehen, oder ob eine grosse Zahl von Exemplaren, die aus jedem Zustande, den die Pflanze durchläuft, erlesen sind, uns auf einmal vor Augen gelegt wird.

Es ist klar, dass bei Untersuchungen, die auf die soeben bezeichnete Weise geführt werden müssen, leicht beträchtliche Irrthümer mit unterlaufen und die Richtigkeit der gezogenen Folgerungen bedenklich trüben können. Auch sind die Entwicklungen Herschel's hiervon nicht verschont geblieben. Der grosse und scharfsinnige Mann hat seine Ansichten über den Bau und die Entwicklungsgeschichte der Himmelskörper im Laufe seines Lebens mehrfach beträchtlich geändert, ja, was die Stellung der Milchstrasse im Universum anbelangt, sich genöthigt gesehen, am Abende seines Lebens die Vorstellungen, welche er sich hierüber gebildet hatte, zu widerrufen. Wenn man die physische Unbedeutendheit des Menschen und seine vorübergehende Existenz bedenkt, wenn man sich erinnert, dass der Erdenbewohner an einen kleinen Planeten gefesselt ist, der im Vergleich zu den Dimensionen des uns sichtbaren Theiles der Welt seinen Ort und Raum selbst im Veraufe von Jahrtausenden nur unbedeutend verändert: so wird man leicht geneigt, sich sehr zweifelnd allen Untersuchungen gegenüber zu verhalten, bei welchen ganze Sonnensysteme mit ihren zahllosen Planeten und Kometen kaum eine grössere Bedeutung beanspruchen und finden können, wie einzelne Sandkörner in einer

unabsehbaren Wüste. Betrachtungen über die Entwicklung des Fixsternhimmels gehören aber desshalb doch nicht dem rein mythischen Theile der Naturwissenschaften an, weil wir gezwungen sind, mit gigantischen Verhältnissen zu rechnen, ungeheure Räume, zahllose Weltkörper und unfassbare Zeitperioden zum Gegenstande unserer Beobachtungen und Vernunftschlüsse zu machen. Freilich können wir hierbei im besten Falle nur allgemeine Ansichten gewinnen und in grossen Zügen uns ein Bild von der Art und Weise entwerfen, wie die Systeme von Himmelskörpern, die sich unseren forschenden Blicken darbieten, entstanden sind: aber welche grossartige Perspective eröffnet sich schon hiermit unserm geistigen Sinne! Mit welchen anderen Gedanken betrachten wir jetzt den nächtlichen Himmel und den herrlichen Sternenteppich, der sich in jeder klaren Nacht über unserm Haupte ausbreitet! Wir erblicken im Geiste alle die Systeme himmlischer Körper, soweit sie in unseren vollkommensten Ferngläsern sichtbar sind, sich im Laufe der Zeit entwickeln, und wieder hinabsinken in die Nacht des Nichts, um neuen Bildungen Platz zu machen. Denn unser Verstand sagt uns, dass, wofern nur die genügende Zeit gegeben ist, der ganze Himmel mit allen seinen Sonnen, Sternschwärmen und Nebelflecken sich zu neuen Bildungen umwandeln wird. Wie es eine Zeit gab, in der die Milchstrasse, die heute ihren mildleuchtenden Bogen um den Himmel zieht, nicht war, so wird auch die Zeit kommen, wo sie nicht mehr existiren wird, sondern vielleicht eine andere Milchstrasse, aus anderen Sternen und Sternschwärmen zusammengesetzt, sich den Augen eines denkenden Wesens am nächtlichen Firmamente zeigt. Zwischen solchen wechselnden Zuständen müssen freilich Zeiträume ablaufen, zu deren Erfassung der Flug des kühnsten Ver-

standes nicht ausreicht, die niemals ein irdisches Wesen bestimmen oder abmessen wird. Denn ehe der gesammte Kosmos auch nur einmal einen ganzen Kreislauf vollendet hat, müssen längst die Sonnen, die heute wie vor Jahrtausenden am Fixsternhimmel glänzen, erloschen sein, wird längst das kleine Stäubchen Erde, der „Tropfen am Eimer“, der uns beherbergt, das Ende seines Daseins in der Gluth unserer Sonne gefunden haben. Kein lebendiges Wesen kann sich in seinen Nachkommen über eine solche Weltperiode hinaus erhalten; dem rohen Stoffe bleibt hier die Herrschaft über die Welten durchforschende Intelligenz.

Wenn es uns daher unzweifelhaft ist, dass der gesammte Weltenorganismus sich in seiner Entwicklung zu solchen Metamorphosen hinneigt, so wird es doch niemals einem denkenden Wesen gegeben sein, mit empirischer Gewissheit zu ergründen, ob die Umbildungen sich bloss auf einzelne Theile erstrecken und niemals das Ganze zu seinen Embryonalzuständen zurückkehren wird, oder ob die einzelnen Weltsysteme sich successive vereinigen und aus dem Ganzen ein durchaus neues Universum sich bilden wird. Der menschliche Geist wird sich mit der letztern Annahme am ehesten für befriedigt erklären; aber es ist Zeit, sich von diesen Betrachtungen, die alles menschliche Forschen und Fassen übersteigen, wiederum in die Gegenwart zurückzusetzen und die Vorgänge zu studiren, die bei Entstehung und Ausbildung der Partialsysteme stattfinden.

In dieser Beziehung hat der ältere Herschel beharrlich darauf hingewiesen, dass wir in den grossen, bleichen, formlosen Nebelflecken die Embryonalzustände der Sonnensysteme und vielleicht der Sternhaufen vor uns haben. Diese Nebelmassen wären demnach die jüngsten

Bildungen in der Reihe der Formen, die uns in den Himmelsräumen begegnen. Ihre Zartheit, Formlosigkeit und Lichtschwäche veranlassten den genannten grossen Forscher, die Materie der Nebelflecke als in einem Zustande höchster Feinheit, d. h. als ein äusserst wenig dichtes Fluidum anzusehen. Um eine Vorstellung von der Zartheit dieser Nebelmaterie zu erhalten, muss man sich daran erinnern, dass ihre zwei Dimensionen, Länge und Breite sehr beträchtliche Räume, an scheinbarer Grösse der Mondscheibe meist vergleichbar, bedecken, die dritte Dimension, die Tiefe oder Dicke der Schicht daher ebenfalls beträchtlich sein muss, nichtsdestoweniger aber leuchten diese Nebel in einem äusserst schwachen, schimmernden Lichte. Dieser äussersten Zartheit entspricht auch die Formlosigkeit. Denn es ist einleuchtend, dass, wenn eine Materie gleichmässig, in äusserst kleine Theilchen zertrennt, gewissermassen in Dunst aufgelöst, und über einen grossen Raum zerstreut ist, alsdann die Attraction der einzelnen Moleküle aufeinander eine ungleich langsamere Wirkung ausüben muss, als in dem Falle einer gröbern Zerstreung der Materie. Die formlosen, grossen, äusserst schwachen Nebelschimmer sind, wie bereits hervorgehoben worden, wahrscheinlich die jüngsten Gebilde im Weltengarten; nichtsdestoweniger beträgt ihr Alter gewiss viele Millionen Jahre, d. h. sie befinden sich seit Millionen von Jahren in dem Embryonalzustande, in welchem wir sie heute noch erblicken. Ueber die eigentliche Natur, d. h. die chemische Zusammensetzung dieser Nebelmassen, hat erst die Spectralanalyse sichere Aufschlüsse geben können; die vergleichende Untersuchung dieser Gebilde durch mächtige Teleskope konnte natürlich nur allgemeine physikalische Eigenschaften erkennen lassen, die nun, zusammengehalten mit den Resultaten der

spectroskopischen Analyse, zu wichtigen weiteren Schlüssen leiten. Seit Huggins und Miller zuerst das Licht einiger Nebelflecke analysirten und hierdurch erkannten, dass diese Nebelmassen ungeheure Anhäufung glühenden Gases sind, worin Wasserstoff und Stickstoff die Hauptrolle spielen, haben weitere Untersuchungen ergeben, dass sowohl die Temperatur dieser Nebelmassen im Vergleiche zu derjenigen der Sonne eine niedrige, als auch ihre Dichtigkeit eine ungemein geringe sein muss. Die spectroscopisch untersuchten Nebel gehören aber in die Klasse der helleren Objecte dieser Art, also zu denjenigen, welche bereits eine gewisse Condensation oder Verdichtung erlangt haben. Die Dichtigkeit der grossen diffusen Nebel, die Herschel in seinem vierzigfüssigen Teleskope nur als äusserst schwache Schimmer erkennen konnte, muss daher eine über alle Vorstellung geringe sein. Der zuerst von Huggins im August 1864 untersuchte Nebel (Herschel's Generalkatalog Nr. 4374) gehört zu den glänzenden, unregelmässig runden und ziemlich grossen Gebilden dieser Art, sein Ort am Himmelsgewölbe ist für 1860:

Rectascension $17^h 58^m 42,4^s$,

Nordpoldistanz $115^0 0' 52''0$.

Dieses Gebilde befindet sich bereits in einem fortgeschrittenen Zustande. Die Materie, aus der es besteht, hat vielleicht viele Millionen Jahre gebraucht, ehe sie durch gegenseitige Anziehung und Ausstrahlung sich auf ihren heutigen Zustand verdichtete. Man muss sich aber wohl hüten, zu glauben, dass jede diffuse Nebelmasse sich zu einem einzigen helleren Nebel verdichtete; es ist im Gegentheile wahrscheinlich, dass diese ausgedehnte Materie meist in mehrere Stücke zerfällt, indem an verschiedenen Stellen derselben sich im Laufe der Zeit An-

ziehungscentra bilden. Schon der ältere Herschel bemerkt, dass die meisten Nebel nicht einzeln, sondern in Schichten oder Lager geordnet auftreten. In seiner ersten Abhandlung über den Bau des Himmels hebt er ein Nebellager hervor, von solcher Reichhaltigkeit, dass bloss in einem Abschnitte desselben, der während der täglichen Drehung des Himmels in 36 Minuten das Gesichtsfeld seines Teleskops durchlief, nicht weniger als 31 neue Nebel auf dem blauen Himmelsgrunde deutlich sichtbar waren. Nachdem die ursprüngliche Nebelmasse aber einmal in verschiedene Stücke mit entsprechenden Attractionsmittelpunkten zerfallen ist, begreift es sich nun leicht, dass diese Stücke gewisse seitliche Bewegungen besitzen müssen, indem sie sonst gegeneinander stürzen und sich um den gemeinsamen Schwerpunkt des ganzen Systems vereinigen würden. Da dies nicht der Fall ist, so ist die seitliche, tangentielle, Bewegung der einzelnen Nebelgruppen einer Nebelschicht nicht zu bezweifeln. Bezieht man die Bezeichnung als zu einander gehörige Nebelmassen bloss auf diejenigen Gebilde dieser Art, welche so nahe bei einander stehen, dass sie als doppelte und noch mehrfache Nebel in den Katalogen aufgeführt werden, so hat man schon eine bedeutende Anzahl von Nebelsystemen. In allen diesen muss also die Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt stattfinden, wenn wir dieselbe vorerst auch noch nicht in unseren Beobachtungen wahrnehmen können. Dagegen vermögen wir nicht im Einzelnen zu schliessen, was aus der fortwährenden Condensation oder Concentration der Nebelmassen als letztes Product hervorgeht: ob ein Stern, also aus zwei Nebeln ein Doppelstern, aus dreien ein dreifacher Stern u. s. w., oder ob die Materie nochmals zerfällt, und einem Sternhaufen zuletzt sein Dasein gibt. Letzteres könnte man

geneigt sein, bei den grossen Nebelmassen anzunehmen, die nach den ersten Stufen ihrer Entwicklung nicht gleich in verschiedene Stücke zerfallen. Vielleicht ist das ganze Milchstrassensystem, welches aus einer zahllosen Menge von Sternhaufen besteht, die um eine mittlere Ebene gruppiert sind, einst nichts anderes gewesen, als ein grosser Nebelfleck, der sich in eine Menge von kleineren Nebeln gruppirte, aus denen zuletzt die einzelnen Sternhaufen wurden. So viel ist jedenfalls gewiss, dass aus den Urnebelmassen im Einzelnen sehr verschiedenartige Gebilde hervorgehen. Die Beobachtungen von Herschel und Lord Rosse haben dies mit Evidenz gezeigt, indem sie uns mit verschiedenartigen Gebilden bekannt machten, die keineswegs als Uebergangsformen zu einem und demselben Endtypus betrachtet werden dürfen. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an die merkwürdigen Ringnebel, sowie an die von Rosse zuerst aufgefundenen sonderbaren Gestaltungen der Spiralnebel. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass die runden Nebel, welche gegen das Centrum hin schnell und beträchtlich an Helligkeit wachsen, jemals die Form von ringförmigen, in der Mitte durchbohrten Nebelflecken könnten annehmen, vergleichbar demjenigen in der Leyer. Dieser merkwürdige Nebel zeigt die Linie des Stickstoffs und zwar erblickt man, wenn der Spalt des Spectroskops den Nebelfleck ganz durchschneidet, zwei helle Striche übereinander, die durch einen schmäleren verbunden sind. Diese beiden hellen Striche entsprechen den beiden Ringschnitten, der schmälere dem Innern des Ringes, welcher sich im Teleskope als von feinem Nebel erfüllt zeigt. Von spiralförmigen Nebeln sind gegenwärtig vier bekannt. Den ersten derselben erkannte als solchen Rosse im Frühlinge 1845; Sir John Herschel hatte ihn mit weniger kraftvollen

Teleskopen beobachtet und als runden, kugelförmigen Nebelfleck, von einem weit abstehenden, leuchtenden Ringe umgeben, beschrieben. Den Nebelfleck Nr. 4964 des grossen Herschel'schen Kataloges in

Rectascension $23^h 19^m 9.9^s$

Nordpoldistanz $48^\circ 13' 57''5$ (für 1860)

hat der ältere Herschel am 6. October 1784 mit einem siebenfüssigen Reflector beobachtet. Er beschreibt ihn als helle, runde, gut begrenzte, planetarische Scheibe von 15" Durchmesser. Nach den späteren Beobachtungen von Lassell und Rosse bildet er einen Uebergang zu den Spiralnebeln. Huggins fand das Spectrum desselben aus vier hellen Linien bestehend, welche das Vorhandensein von glühendem Stickstoff und Wasserstoff anzeigten. Der ganze Bau dieser Classe von Nebeln deutet darauf hin, dass jene merkwürdigen Weltkörper sich in einem Zustande grossartigster Revolutionen befinden. Ungeheure, verschieden dichte und verschieden mächtige Ströme der glühenden Materie senken sich in spiralförmigen Windungen auf die Centralmasse herab, und erzeugen Wirbel- und Umschwungsbewegungen. Um sich von der Grösse solcher Processe eine genügende Vorstellung zu machen, muss man sich erinnern, dass dieselben weitaus alle diejenigen Erscheinungen übertreffen, welche eintreten würden, wenn unser ganzes Sonnensystem in glühenden Dunst aufgelöst wäre und diese Dunstströme in den verschiedenartigsten Wirbelströmungen auf die Centralmasse herabstürzten. Es ist sonach wahrscheinlich, dass wir in den Spiralnebeln ein Stadium des Weltbildungsprocesses vor uns haben, in welchem schon eine sehr bedeutende Annäherung an diejenigen Zustände erreicht ist, die wir bei den eigentlichen Sonnensystemen erblicken. Die Materie befindet sich dort schon in rotirender Bewegung, welche,

in Verbindung mit der ununterbrochen wirkenden Schwere, schliesslich zur Entstehung kugelförmiger Weltkörper, die einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt umkreisen, führen muss.

Kant und Laplace haben die Bedingungen näher erörtert, unter welchen aus einer rotirenden Nebelmasse ein Sonnensystem, ähnlich dem unserigen, hervorgehen wird. Man erstaunt, indem man erkennt, mit wie einfachen Mitteln die Natur die merkwürdigsten und auf die Dauer von Jahrmyriaden berechneten Einrichtungen erzielt. Ein Nebelball, Rotation desselben um seine Axe, Zusammenziehung durch Ausstrahlung, das sind die Requisite zur Bildung eines Sonnensystems! Der Nebelball ist gegeben, indem er sich im Laufe der Zeiten durch Attraction aus einer formlosen Nebelmasse bildete. Die Rotation trat ein durch gegen das Centrum herabstürzende Nebelströme wie bei den Spiralnebeln und durch ungleichmässige Ausstrahlung in den verschiedenen Richtungen. Zusammenziehung bei der Abkühlung ist eine allgemeine physikalische Eigenschaft der Materie. Die Natur überrascht meist durch die Einfachheit der Mittel, mit denen sie ihre Zwecke erreicht. Es ist übrigens noch nicht lange her, dass man die hier angedeutete Theorie der Weltbildung nur als eine Hypothese betrachtete, die zwar sehr geistreich erdacht sei und auch den Erscheinungen ziemlich Genüge leistete, die aber doch eben nichts mehr sei als eine Hypothese. Selbst Laplace, nach dessen Namen diese Theorie meist benannt wird, scheint sie doch nach ihrer ganzen Wichtigkeit nicht erkannt zu haben, denn es sind nur wenige Worte, in welchen er darauf speciell eingeht; später hat er ihrer nie wieder gedacht. Leider waren die literarischen Kenntnisse von Sir William Herschel äusserst gering, eine Folge seiner mangel-

haften Jugendbildung, und so hat er niemals etwas weder von den Vorstellungen Kant's noch Laplace's über die Bildung unseres Sonnensystems gewusst. Er lässt daher in seinen Speculationen über den Bau des Himmels unmittelbar aus der successiven Verdichtung der Nebel Fixsterne entstehen, wobei es freilich unerklärt bleibt, woher denn diese Fixsterne ihre Planeten und Kometen, die wir doch bei ihnen so gut wie bei unserer Sonne annehmen müssen, erhalten haben. Verbindet man aber die Herschel'schen Vorstellungen mit der Laplace'schen Theorie, so scheint es, dass man jedenfalls der Wahrheit am nächsten kommt. Herschel's letzte Stufe der Nebelgebilde sind die von ihm sogenannten zweifelhaften Nebel, d. h. diejenigen Gegenstände, für die es unentschieden blieb, ob sie Nebel oder Sterne seien, und worin er einen genügenden Beweis für den Uebergang eines Nebels in einen Stern sah. Wie aber, wenn diese zweifelhaften Nebel nichts anderes als die Nebelbälle wären, die Laplace für die Bildung der Sonnensysteme fordert? Wenn man bedenkt, dass ein, eine Sonne umkreisendes Planetensystem nicht wohl auf andere Weise, als nach der Laplace'schen Theorie entstehen kann, so wird man zugeben, dass diese Möglichkeit äusserst viel für sich hat. Sonach wäre es uns also gelungen, die gesamte Weltenbildung auf verhältnissmässig sehr einfache Principien zurückzuführen, die gerade durch ihre Einfachheit neue Stützen der Richtigkeit darbieten.

III.

Bei der Betrachtung der Entstehung des Weltsystems, soweit wir davon Kunde haben, ist der Kometen bis jetzt noch nicht gedacht worden. Die merkwürdige Stellung, welche die Schweifsterne in unserm engen Sonnensysteme einnehmen, bleibt durchaus bestehen, wenn wir uns zu den Regionen der Fixsterne und Nebelflecke aufschwingen und das Weltall aus den höchsten Gesichtspunkten betrachten. Die Kometen haben seit den ältesten Zeiten das Nachdenken und den Scharfsinn der Menschen herausgefordert, und wenn man auch gestehen muss, dass viele Jahrhunderte, ja Jahrtausende hindurch, die auf Lösung dieses Problems verwandte Mühe eine vergebliche war und Hypothesen zu Tage kamen, auf die man heute nicht ohne Lächeln zurückblicken kann: so ist es doch endlich gelungen, vieler sich entgegenthürmenden Schwierigkeiten Herr zu werden und die Bedeutung der Kometen im Weltsysteme klarer zu erkennen.

Die Anzahl der Haarsterne, welche in unser Sonnensystem herabsteigen, ist eine ganz ungemein grosse; nur der geringste Theil derselben wird unseren Augen, selbst wenn sie mit den kraftvollsten Teleskopen bewaffnet sind, sichtbar. Bis jetzt ist noch kein Komet beobachtet worden

dessen Sonnennähepunkt (Perihel) weiter als die Jupitersbahn von unserm Centalkörper entfernt ist, ja selbst bei dem Kometen von 1729, der unter allen bisher beobachteten von der Sonne am weitesten entfernt blieb, liegt das Perihel noch 24 Millionen Meilen diesseits der Jupitersbahn. Dagegen finden sich die meisten Kometen mit Perihelen zwischen 8 Millionen und 20 Millionen Meilen oder zwischen den Bahnen des Merkur und der Erde. Ueberhaupt hat man unter 258 bis zum Jahre 1874 berechneten Kometen:

Perihelabstände in Theilen des Halbmessers der Erdbahn	Zahl der Kometen
0.0 bis 0.5	64
0.5 „ 1.0	128
1.0 „ 1.5	51
1.5 „ 2.0	7
2.0 „ 2.5	7
4.0 — —	1

Aus diesen Zahlen ersieht man deutlich die ungleiche Häufigkeit der Perihele in den verschiedenen Abständen von der Sonne. Inzwischen ist diese Ungleichförmigkeit doch nur eine scheinbare, die das wahre Zahlenverhältniss der zwischen den einzelnen Bahnen eingeschlossenen Perihele nicht ausdrückt, sondern nur das durch die Sichtbarkeitsverhältnisse der Kometen modificirte. In der That liegt kein Grund vor, anzunehmen, jenseits der Bahn des Jupiter existirten keine Kometenbahnen; denn noch niemals hat man einen Kometen, wenn er sich von der Sonne entfernt, bis zum Abstände Jupiters verfolgen können. Die periodischen Kometen bewegen sich sämmtlich während des grössten Theiles ihres Umlaufes in Distanzen, welche jenseits der Grenze der Sichtbarkeit der Kometen liegen, sie sind also dort vorhanden und nur ihre

Lichtschwäche verhindert, dass wir sie zu jeder Zeit sehen können. Was die Vertheilung der Kometenbahnen in Bezug auf die Ebene der Erdbahn anbetrifft, so hat man früher angenommen, dass bei einer gänzlich zufälligen Vertheilung alle Neigungswinkel zwischen 0^0 und 90^0 gleich wahrscheinlich seien, also nahe gleich häufig vorkommen müssten. Es ist dies jedoch, wie zuerst Cournot bemerkt hat, ein Irrthum, es erfordert vielmehr die zufällige Vertheilung, dass die Pole der Ebenen der Kometenbahnen an der Himmelskugel gleichförmig vertheilt sind. Schiaparelli hat nach diesem Princip die Vertheilung der Kometenbahnen untersucht und gefunden, dass die Ebenen derselben etwas mehr um die Ekliptik herum gruppirte sind, doch sprechen gewichtige Gründe dafür, dass dieses Ueberwiegen nur ein zufälliges ist.

Von der Ansicht ausgehend, dass die Anzahl der Kometen die grösstmögliche, und am Firmamente keine Laufbahn möglich sei, auf der sich nicht ein Weltkörper bewege, hat Lambert eine Schätzung der Menge der in unserm Sonnensysteme circulirenden Kometen versucht. Denkt man sich die Sonnennähepunkte der Kometenbahnen gleichförmig durch den Raum vertheilt, so muss sich die Menge derselben innerhalb der Bahnen der einzelnen Planeten verhalten, wie die Kuben der Halbmesser dieser Bahnen. Hierdurch wird unter der angenommenen Bedingung der gleichmässigen Vertheilung das richtige Verhältniss der Sonnennähepunkte angegeben. Soll aber zu jedem dieser Punkte auch eine Bahn gehören, in welcher ein Komet ruhig und ohne Behelligung einherlaufen kann, so fallen viele Perihelien und ebenso viele Laufbahnen fort, und die Vermehrung der Bahnen erfolgt wie das Quadrat des Abstandes der Perihelien. Stellt man sich die einzelnen Perihelien durch die Endpunkte

von 12 Stangen vor, die radienförmig mit ihren anderen Endpunkten gegeneinanderlaufen, so lassen diese zwischen ihren freien Endpunkten noch Raum übrig, um 12 andere dazwischen zu schieben, diese wiederum neuen Raum für folgende, die aber natürlich vom Mittelpunkte immer weiter entfernt bleiben. Ihre Anzahl wird nun wie das Quadrat des Abstandes vom Centrum zunehmen. Berechnet man nach diesem Princip die Gesamtzahl der bis zur Bahn des Neptun in unserm Sonnensysteme vorhandenen Kometen, so hat man, da der Halbmesser der Merkurbahn sich zum Halbmesser der Bahn des Neptun wie 1 : 78 verhält, und da innerhalb der Bahn des Merkur die Perihelien von 43 Kometen fallen, die Proportion: 1 verhält sich zu 78×78 wie 43 zu der gesuchten Anzahl. Führt man die kleine Rechnung aus, so ergibt sich eine Summe von 261612 Kometen. Ist dies nun die wahre Anzahl, oder ist die Menge der Kometen beträchtlich grösser oder geringer? Diese Frage lässt sich nicht mit Sicherheit beantworten, doch scheint es nicht unwahrscheinlich, dass die wirkliche Anzahl der Kometen bedeutend geringer ist, als man früher annahm, wenngleich immerhin weitaus beträchtlicher, wie der gewöhnliche Mann vermuthet, wenn er von Zeit zu Zeit einen Haarstern am Himmel erscheinen und nach einigen Wochen wieder verschwinden sieht.

Das Raisonnement des scharfsinnigen Lambert beruhte auf dem kühnen Schlusse: Entweder, die Erde ist allein bewohnt, oder in jedem Punkte des ganzen Weltgebäudes sind Einwohner und Creaturen. „Sollte ich wohl“, sagt dieser berühmte Mathematiker, „die Vollkommenheit in eine beständige und unerschöpfliche Abwechslung von Aehnlichkeiten legen und dennoch dabei leere Stellen übrig lassen, wo nichts dergleichen vorginge,

wo keine Theile eines Ganzen wären, das unendlich vollständig sein sollte? Solche Lücken konnte ich nicht zulassen, und ich trug kein Bedenken, jedes Sonnensystem so mit bewohnbaren Weltkörpern anzufüllen, als die vortreffliche Ordnung, die in ihrem Laufe eingeführt ist, nur immer leiden mochte. Auf unserer Erde, die wir seit Erfindung der Vergrößerungsgläser auch in ihren kleinsten Theilen betrachten können, finden wir alles so voll Bewohner, dass wir nicht länger mehr zweifeln können, die Bevölkerung und Belebung eines jeden Theiles der Welt als eine Absicht der Schöpfung anzusehen, die keine Ausnahme erleidet. Im Kleinen lehrt es uns der Augenschein selbst, und die Stufen, die wir mit der Verbesserung der Vergrößerungsgläser durchlaufen, führen zu dem sichern Schlusse, dass wir die kleinsten Geschöpfe noch lange nicht entdeckt haben. Weshalb sollen wir nun diesem Schlusse so gar enge Grenzen ziehen, wenn wir ihn auf die Anzahl der Weltkörper ausdehnen wollen?“ Die Bewohnbarkeit der Kometen macht Lambert wenig Sorge; jedes lebendige Wesen, bemerkt er, wird für die Stelle, die es einnimmt, eingerichtet sein. Die Kometen hält der grosse Geometer hauptsächlich passend als Aufenthaltsort von Astronomen, „die dazu geschaffen wären, den Bau des Himmels, die Stellung jeder Sonne, die Lage und Laufbahn ihrer Planeten, Satelliten und Kometen in ihrem ganzen Zusammenhange zu betrachten. Jenes wäre in dem langen Zeitraume geschehen, den ihr Wohnort zubringt, von einer Sonne zur andern zu gehen, und dieses würde geschehen, wenn sie im Begriffe wäre, um eine Sonne herum einen neuen Weg zu suchen. Ihnen müssen Jahrhunderte wie uns einzelne Stunden vorbeigehen, und die Unsterblichkeit müsste ihr Erbtheil sein, weil sich die Zeit nach ihren Verrichtungen ausmisst, wie es auf

unserer Erde Insecten gibt, deren ganzes Leben im Verlaufe weniger Stunden anfängt und endigt, weil ihre Geschäfte nicht längere Zeit erfordern.“

Man kann, je nach individueller Ueberzeugung, diesem Gedankengange beistimmen oder nicht, jedenfalls muss man gestehen, dass die neuesten Untersuchungen über die physische Natur des Kometen, die Vorstellungen, welche wir uns von einer Bewohntheit derselben durch denkende organische Wesen bilden können, sehr bedrängen.

Die physische Beschaffenheit der Kometen ist sehr lange ein gänzlichcs Räthsel geblieben. Arago's Polaris-
skop gab die ersten Aufschlüsse, indem es reflectirtes Sonnenlicht wenigstens bei einigen Kometen nachwies. Damit war bewiesen, dass, wenn die Kometen eigenes Licht besitzen, die Intensität desselben für uns doch nicht unverhältnissmässig bedeutender sein kann, als diejenige des reflectirten Sonnenlichtes, das uns von dem Kometen her zukommt. Photometrische Untersuchungen welche ich anstellte, erwiesen dann, dass für einzelne Kometen das eigene Licht immerhin doch so beträchtlich sein könne, dass dadurch die scheinbaren Helligkeitsverhältnisse des Gestirns wesentlich verändert werden.*) Hierauf kam die Spectralanalyse. Huggins zeigte, dass die von ihm untersuchten Kometen rücksichtlich ihrer Kerne in dem Zustande glühender Gasmassen sich befinden. Besonders der zweite Komet von 1868 gab interessante Aufschlüsse. Am 22. Juni untersuchte Huggins sein Spectrum und fand es schwach, continuirlich, mit drei hellen Streifen. Im Mittelstreifen schienen zwei helle Linien vorhanden zu sein, die kürzer waren als die Streifen, und wie Huggins glaubt, wahrscheinlich vom Lichte des Kernes herrührten. Als der

*) Vergl. Klein Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung, I. Bd. 2. Auflage 1871 p. 236 und ff.

Beobachter am folgenden Tage das Kometenspectrum mit den Spectren irdischer Elemente verglich, fand er die merkwürdige Thatsache, dass die Lage der drei Streifen sowohl, als ihr allgemeiner Charakter und ihre relative Helligkeit auf das Genaueste übereinstimmten mit den Veränderungen des Spectrums vom Kohlenstoffe, sobald man bei Darstellung des Spectrums den electrischen Funken in ölbildendem Gase überschlagen lässt. Die Uebereinstimmung der Zeichnung des Kometenspectrums mit dem Spectrum des ölbildenden Gases veranlasste Huggins, beide Spectra gleichzeitig unmittelbar zu vergleichen. Diese Vergleichung wurde am Abende des 23. Juli 1868 ausgeführt und ergab eine vollkommene Identität beider Spectren. Eine Wiederholung der Untersuchung am 25. Juni bestätigt dies. Sonach schloss Huggins auch auf die Uebereinstimmung der Substanzen. Nun ist freilich Kohlenstoff einer der am schwerstflüchtigen Körper, und um ihn zu verdampfen, ist eine äusserst hohe Temperatur nothwendig. „Wenn man annimmt“, sagt Huggins, „dass die Kometen aus reinem Kohlenstoffe bestehen, so erscheint es wahrscheinlich, dass der Kometenkern dieses Element in condensirtem und äusserst fein vertheiltem Zustande enthält. In solcher Gestalt würde es besonders geeignet sein, die Wärmestrahlen der Sonne fast vollständig zu absorbiren, und so leicht stark erhitzt werden, um sich in Dunst zu verwandeln.“ Inzwischen findet es Huggins doch nicht sehr wahrscheinlich, dass die Sonnenwärme, selbst unter den günstigsten Umständen, hinreichend sei, den Kohlenstoff in glühenden Dampf zu verwandeln. Er macht darauf aufmerksam, dass unter gewissen Umständen ölbildendes Gas, wenn es in der Luft verbrennt, ein ähnliches Spectrum gibt. Wird das aus einer Röhre ausströmende Gas angezündet, so zeigt die

glänzend weisse Flamme ein continuirliches Spectrum. Wird aber ein Strom atmosphärischer Luft hindurch geleitet, so nimmt die Flamme eine grünlichblaue Färbung an und ihr Spectrum zeigt die Streifen des Kohlenstoffes. Dieses Spectrum hat dann eine grosse Aehnlichkeit mit dem des Kometen, mit der Ausnahme jedoch, dass es einen äusserst glänzenden violetten Streifen aufweist, der in dem Kometenspectrum fehlt. Man kann vermuthen, der Komet bestehe aus einem Kohlenwasserstoff, der, um in leuchtenden Dampf verwandelt zu werden, eine weit weniger hohe Temperatur erfordert, als der reine Kohlenstoff. Allein auch dieser Vermuthung stehen Hindernisse entgegen, da weder das ölbildende Gas noch irgend eine andere Kohlenstoffverbindung ein Streifenspectrum erzeugt, ohne Zersetzung zu erleiden. „Möglicherweise“, bemerkt Huggins, „findet eine solche Zersetzung statt und die durch die Sonne äusserst stark erhitzte Kometenmaterie ist in Verbrennung begriffen, indem sie sich mit Sauerstoff oder einem andern Elemente verbindet. Dies würde wenigstens erklären, woher die hohe Temperatur stammt, welche den Kometen selbstleuchtend macht und welche zu erzeugen, die Wärme der Sonne allein nicht hinreicht.“ Zu derselben Ansicht wie Huggins ist auch Secchi in Rom gelangt. Er beobachtete den Kometen schon am 21. Juni im Spectroskop und fand hinterher durch Vergleichung mit der Angström'schen Spectraltafel die nahe Uebereinstimmung mit dem Kohlenspectrum.

Vogel, der sich sehr eingehend mit der spectroscopischen Beobachtung der sichtbar werdenden Kometen befasst und gegenwärtig wohl der beste Kenner der hierhin gehörenden Erscheinungen ist, kommt ebenfalls zu dem Ergebnisse einer Uebereinstimmung der Kometenspectren mit den Spectren der Kohlenwasserstoffe. Er

findet es ferner nicht unwahrscheinlich, dass alle bisher beobachteten Kometen ein Spectrum gezeigt haben, welches aus drei an derselben Stelle gelegenen, einseitig nach dem Roth hin scharf begrenzten, nach dem Violett hin aber verwaschenen Banden besteht, nur mit dem Unterschiede, dass die grösste Helligkeit der einzelnen Banden bei den verschiedenen Kometenspectren Strahlen von verschiedener Wellenlänge zukommt. Ob dieser Unterschied als ein typischer aufzufassen ist, bleibt zweifelhaft. Prof. Harkness zu Washington fand beim Encke'schen Kometen im November und December 1871, dass die hellsten Stellen der Banden des Spectrums desselben bei dessen Annäherung an die Sonne ihre Lage änderten. Aus den nahe gleichzeitigen Beobachtungen von Vogel ergibt sich in der üblichen Masseinheit für die Wellenlänge der hellsten Stelle der Mittelbande am 8. Nov. 511.8, am 1. Decemb. 513.5, also eine Aenderung im Sinne der Beobachtung von Harkness, doch zu unbedeutend, um sichere Schlüsse daraus ziehen zu können. „Man könnte“, bemerkt Vogel, „solche Veränderungen wohl als durch Variation der Druck- und Temperaturverhältnisse im Innern des Kometen entstanden denken; vielleicht gelingt es sogar auf diesem Wege ähnliche Veränderungen in den, einigen Kometenspectren so ähnlichen Kohlenwasserstoffspectren zu erzeugen, wodurch die Hypothese, dass die in den Kometen leuchtenden Gase irgend welche Kohlenwasserstoffe seien, sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnen würde.“ Die spectralanalytische Untersuchung der Kometen ist gegenwärtig noch in den ersten Stadien, hauptsächlich wegen der Seltenheit und Lichtschwäche dieser Gestirne. Nach den Beobachtungen welche Vogel im Mai und Juni 1874 an dem ziemlich hellen Coggia'schen Kometen angestellt hat, scheint zudem die lang gehegte Erwartung, dass die

spectroskopische Untersuchung heller Kometen uns einen weitem Einblick in die Natur dieser Himmelskörper ver-
 gönnen werde, zu sinken, da die Intensität des von dem Kometen reflectirten Sonnenlichtes in stärkerm Masse wächst als das Spectrum bei der Annäherung des Kometen an Helligkeit zunimmt. „Man könnte indess“, meint Vogel, „vielleicht erwarten, dass bei noch weiter gehender Intensitätszunahme des continuirlichen Spectrums, das eigentliche Kometenspectrum umgekehrt erschien, indem die absorbirende Wirkung der den Kern umgebenden Gashülle sichtbar wird und an Stelle der hellen Streifen dunkle Absorptionsbänder entstehen.“

Die Untersuchungen des Kometenlichtes mittels des Prisma's haben also vorläufig die seltsamen Himmelskörper noch räthselhafter gemacht. Unlängst hat es nun Zöllner in Leipzig unternommen, die Erscheinungen, welche uns die Kometen darbieten, an der Hand einer physikalisch-mechanischen Anschauungsweise zusammenzufassen, und eine vollständige Theorie der physischen Beschaffenheit der Kometen zu geben.

Er geht hierbei von der Betrachtung des Aggregatzustandes der Materie aus und erinnert an die Abhängigkeit desselben von dem Drucke und der Temperatur. Bekanntlich kann durch hinreichende Zufuhr von Wärme und durch gehörig geregelten Druck ein Körper nach einander in jeden der drei Aggregationszustände übergeführt werden. Das Eis z. B. verwandelt sich durch Wärme in Wasser und durch weitere Erhitzung endlich in Wasserdampf. Manche Gase lassen sich durch starken Druck in Flüssigkeiten, ja in feste Formen überführen. Wo es uns bis jetzt nicht gelungen ist, einen Körper in seinen verschiedenen Aggregationsformen darzustellen, müssen wir schliessen, dass bloss die Eingeschränktheit unserer Hilfs-

mittel, keineswegs aber die Natur des Körpers an und für sich, diese Ueberführung verhinderte. Diese physikalische Wahrheit gilt aber offenbar nicht bloss für die Stoffe auf unserer Erde allein, sondern es ist durchaus nicht zweifelhaft, dass sie auch für die Materie gilt, welche alle übrigen Himmelskörper bildet. Der Aggregationszustand dieser Materie wird also im Weltenraume bloss von dem Drucke und der Temperatur abhängen. Denken wir uns eine Masse im freien Raume, so ist der Druck ihrer materiellen Theilchen bloss abhängig von deren Anzahl, d. h. von der Masse. Die Aggregationsform eines solchen Körpers hängt also bei einer bestimmten Masse bloss von seiner Temperatur ab; umgekehrt aber auch bei einer bestimmten Temperatur von seiner Masse. Wenn die Masse sehr klein ist, und die Temperatur sehr hoch, so muss sich eine Menge Materie in Dampf verwandeln, ja der ganze Körper kann sich in eine Dampfmasse auflösen. Man begreift leicht und die Anwendung mathematischer Formeln zeigt klar, dass dies Letztere dann eintreten muss, wenn die Masse des im Weltraume befindlichen und sich selbst überlassenen Körpers nicht beträchtlich genug ist, um vermöge ihrer Anziehungskraft der umgebenden Dampfatmosphäre wenigstens eine Spannung zu ertheilen, welche dem Maximum der Spannkraft der Dämpfe für die herrschende Temperatur gleich ist. Dieser Fall tritt im Weltenraume sicherlich häufig ein, und es folgt schon hieraus, dass der Raum nicht leer, sondern mit Materie, freilich in sehr fein vertheiltem Zustande, erfüllt sein müsse.

Die Aenderungen im Aggregationszustande einer kosmischen Masse müssen um so intensiver vor sich gehen, je geringer die Masse und je grösser die Temperaturveränderung ist. Zöllner betrachtet specieller

eine kleine kosmische Masse im tropfbar-flüssigen Aggregatzustande und die Einwirkung einer partiellen Temperaturänderung auf dieselbe. Denkt man sich zuerst diese Masse im freien Weltraume der überwiegenden Strahlung eines einzelnen Fixsternes entzogen, so befindet sie sich einer Temperatur ausgesetzt, die nach Pouillet's Versuchen 142° C. unter dem Gefrierpunkte ist. Wird nun diese Masse durch ihre kosmische Bewegung in die Nähe einer wärmestrahrenden Sonne gebracht, so ist klar, dass zunächst diejenige Seite erwärmt wird, welche der Strahlung unmittelbar ausgesetzt ist. Die auf der andern Seite befindlichen Theilchen liegen im Schatten des flüssigen Körpers und können daher nur indirect erwärmt werden. Auf der der Sonne zugewandten Seite werden nun hauptsächlich Siede- und Verdampfungsprocesse vor sich gehen. Ob die ganze Flüssigkeitsmasse in Dampf verwandelt wird oder nicht, das hängt unter gleichen Verhältnissen von der Masse des kosmischen Körpers ab, es wird bei um so niedrigeren Temperaturen geschehen können, je kleiner die ursprüngliche Masse war. Wenn aber die ganze Flüssigkeitsmasse wirklich zu Dampf geworden ist, so wird bei Entfernung des Körpers von der Sonne die dadurch entstehende Temperaturabnahme entweder wiederum einen flüssigen Kern erzeugen, oder bei nicht hinreichender Temperaturabnahme eine langsame Zerstreuung im Raume stattfinden.

Solche flüssige Massen müssen sich uns in der Nähe der Sonne als Körper darstellen, die einen centralen Kern besitzen und von einer Dunsthülle umgeben sind, die sich mit der Richtung zur Sonne her, immer mehr entwickelt. Wenn die Massen sehr klein sind, so werden sie sich bereits in einer grössern Entfernung von der Sonne

vollständig in Dampf verwandeln, und dann in Folge der Durchstrahlbarkeit keinen wesentlichen Unterschied mehr auf der der Sonne zu- und abgewandten Seite darbieten. Einen solchen Anblick gewähren in der That einzelne kleine, schweiflose Kometen, und Zöllner ist geneigt, sie für tropfbarflüssige Meteormassen zu halten.

Die Spectralanalyse beweist nun freilich, dass die Kometen eigenes Licht ausstrahlen und dies muss nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen entweder die Folge von Verbrennung oder einer elektrischen Erregung sein. Zöllner meint, dass zwischen diesen beiden möglichen Ursachen des Selbstleuchtens der Kometen die Wahl nicht zweifelhaft sein könne. Denn die Annahme einer elektrischen Erregung der Dunsthüllen genüge vollkommen den spectroscopischen Wahrnehmungen und sei gleichzeitig geeignet, die bisher so räthselhaften Erscheinungen der Kometenschweife zu erklären. Unter dieser Annahme, sagt er, sind wir gezwungen, die Licht- und Schweifentwicklung der Kometen als Wirkung elektrischer Processe anzusehen, und umgekehrt erhält diese Annahme dadurch, dass sie vollkommen genügt, die Erscheinungen darzustellen, einen so hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, als man dies bei der Deduction kosmischer Processe aus bisher bloss an irdischen Körpern beobachteten Eigenschaften der Materie, nur irgend erwarten darf.

Die Frage nach der Ursache der ununterbrochenen elektrischen Erregung, welche wir als auf den Kometen stattfindend, anzunehmen haben, sucht Zöllner durch den Hinweis auf die Verdampfungs- und Siedeprocesses der flüssigen Massen zu beantworten. Die ungeheure Dicke der elektrisch erregten Dampfmasse soll nach Zöllner die Ursache des Leuchtens derselben sein.

Wird aber dieses Licht im Spectroskop untersucht, so muss es sich so darstellen, wie elektrisches Licht, das durch die Dämpfe hindurchgeht, die sich auf dem Kometen gerade entwickeln. Bei schwacher Elektrizitätserregung kann aber zunächst nur das Spectrum desjenigen Stoffes erscheinen, dessen Emissionsvermögen bei niedrigen Temperaturen das bedeutendste ist. „Wenn daher“, fährt Zöllner fort, „dem Wasser und den flüssigen Kohlenwasserstoffen unter den kosmischen Flüssigkeiten — als Fragmente zertrümmerter Weltkörper — eine hervorragende Rolle eingeräumt werden darf, so können die Spectren der Kometen vorzugsweise nur solche sein, welche den Dämpfen dieser Stoffe und ihren Bestandtheilen angehören. Auf diese Weise würde sich die Analogie und die theilweise Coincidenz der bisher beobachteten Kometenspectren mit dem Spectrum des elektrischen Funkens in einer Atmosphäre von Kohlenwasserstoffdämpfen erklären.“

Zur Erklärung der Kometenschweife macht Zöllner die Annahme einer bestimmten Sonnenelektricität. Diese Annahme hat gewiss ihr Missliches, aber sie wird in gewissem Sinne unterstützt durch die von Wolf in Zürich nachgewiesene Thatsache, dass die Grösse der magnetischen Declinationsvariation (d. h. des Winkels, um welchen die magnetische Abweichungs-Nadel sich durchschnittlich täglich bewegt) zunimmt, wenn die Zahl der Sonnenflecke wächst, hingegen abnimmt, wenn diese kleiner und seltener werden. Diese beiden so grundverschiedenen Erscheinungen zeigen eine so überraschende Uebereinstimmung, dass Wolf mit Recht schliessen durfte, es fände zwischen ihnen eine ursächliche Wechselbeziehung statt, so dass an beiden die Intensität der gemeinschaftlichen Ursache wie an zwei verschiedenen Scalen abgelesen werden könne. Es ist nun aber kaum einem Zweifel unterworfen, dass elektrische Ströme die Ursache der

magnetischen Schwankungen sind und wenn wir eine Sonnenelektricität annehmen, so ist leicht zu begreifen, dass diese die grössten Schwankungen in ihrer Intensität erleiden wird, wenn zahlreiche und grosse Flecke sich an der Sonnenoberfläche bilden und aussergewöhnlich grosse Revolutionen dort veranlassen. Diese Schwankungen dehnen sich in ihren Rückwirkungen aber auf den Zustand des Erdmagnetismus aus und so können wir schliesslich aus den Bewegungen der magnetischen Nadel auf die Häufigkeit der Sonnenflecke zurückschliessen.

Gestattet man die Annahme einer Sonnenelektricität, so bedarf es, um gewisse Erscheinungen der Kometenschweife zu erklären, bloss einer Anwendung der elementaren Sätze der Elektricitätslehre auf den vorliegenden Fall. Wenn man annimmt, dass die aus den flüssigen Kernen der Kometen entwickelten Dämpfe dieselbe Elektricität besitzen wie die Sonne, so müssen diese Dampftheilchen abgestossen werden und dadurch die Kometenschweife eine von der Sonne abgewandte Richtung erhalten. Genauere Untersuchungen über die Richtung und Lage der Kometenschweife könnten daher ein gutes Mittel an die Hand geben, die Zöllner'sche Theorie zu prüfen. Es möge daher hier dasjenige zusammengestellt werden, was sich in dieser Beziehung sagen lässt.

Schon in dem alten und wichtigen chinesischen Werke, das den Namen Wensiang-tung-kao führt, und dessen Verfasser Ma-duan-lin ist, heisst es: „Im Allgemeinen ist bei einem Kometen, welcher östlich von der Sonne steht, der Schweif vom Kerne gegen Osten gerichtet. Steht aber der Komet westlich von der Sonne, so erscheint der Schweif im Westen.“ Seneca sagt: „Die Kometenschweife fliehen vor den Sonnenstrahlen.“ Hieronymus Fracastor und Apian sprachen vor der Mitte des sechzehnten

Jahrhunderts zuerst mit Bestimmtheit aus, dass die Kometenschweife durchgängig in der Verlängerung der geraden Linie liegen, welche von der Sonne zum Kopfe des Kometen gezogen werden kann. Indessen bilden die Schweife doch niemals eine gerade Linie, sondern es sind vielmehr die entferntesten Theile derselben gewöhnlich nach der Richtung gekrümmt, welche der Bewegung entgegengesetzt ist, gewissermassen, als wenn sie zurückblieben. Das spricht freilich durchaus nicht gegen die obige Theorie, sondern man kann dieses Verhalten damit erklären, dass die äussersten Theilchen der Kometenschweife, welche die geringste Dichte, aber die grösste Geschwindigkeit besitzen, auch den grössten Widerstand finden. Wichtiger ist die Frage, ob die Axen der Kometenschweife stets in der Ebene der Bahn, welche von diesen Gestirnen beschrieben wird, liegen. Für den Kometen von 1818 hat dies Bessel in der That nachgewiesen, soweit überhaupt die unvollkommenen Beobachtungen der damaligen Zeit einen solchen Nachweis gestatten. Genaue Untersuchungen sind für einige neuere Kometen von Winnecke angestellt worden. Bei dem ersten Kometen von 1840 und dem grossen Kometen von 1843 harmoniren die Beobachtungen durchaus mit der Annahme, dass die Schweife in der Ebene ihrer Bahn lagen. Für den dritten Kometen von 1853 ergab sich nur eine höchst geringe Ausweichung. Die Wirklichkeit entspricht also den Anforderungen der Theorie genügend, so weit es sich um die Kometen mit einem Schweife handelt. Bisweilen erscheinen aber auch mehrfach geschweifte Kometen. Folgendes ist ein Verzeichniss derselben:

Nach den chinesischen Annalen erschien im April 837 ein Komet mit zwei Schweifen, von denen der eine nach

dem Sternbilde der Waage, der andere nach dem Sternbilde des Scorpions gerichtet war.

Ein im Jahre 1577 sichtbar gewesener Komet soll nach Corn. Gemma vom 28. November ab mehrfach einen zweiten Schweif gezeigt haben, der bedeutend mehr zurückgekrümmt war als der Hauptschweif.

Der Komet von 1744 zeigte in der Nacht vom 7. zum 8. März sechs Schweife. Dieselben nahmen auf der von der Sonne abgewandten Seite des Kometenkopfes einen Bogen von 60 Grad ein.

Der Komet von 1807 besass einen geraden, schmalen, lichtschwachen Nebenschweif, der den Hauptschweif an Länge übertraf und beträchtlich weniger zurückgebeugt war als dieser.

Bei dem grossen Kometen von 1811 nahm Olbers vom 9. October ab mehrfach Spuren eines zweiten Schweifes wahr.

Der Januar-Komet von 1824 besass zwei Schweife, die einen Winkel von 160 Grad mit einander bildeten. Der Nebenschweif, welcher 3 bis 7 Grad lang war, verschwand gegen Ende Januar gänzlich.

Nach den Beobachtungen von Clerisew zeigte auch der Komet von 1843 am 11. März zwei Schweife. Der Nebenschweif war fast doppelt so lang, aber schwächer als der Hauptschweif; gegen Ende des Monats war er nicht mehr zu erkennen.

Der Donatische Komet von 1858 besass neben dem breiten Hauptschweife noch einen geraden, schmalen, secundären Schweif.

Bei dem grossen Kometen von 1861 haben einige Beobachter auch einen zweiten Schweif erkannt, der aber sehr lichtschwach war.

Nach J. Schmidt besass der vierte Komet von 1864 am 22. Januar ebenfalls einen aussergewöhnlichen Schweif, der mit dem Hauptschweif einen Winkel von 115 Grad umschloss.

Die Kometen, welche ich vorstehend aufgeführt habe, sind unter etwa 700 Gestirnen dieser Art die einzigen, von denen die Beobachtung meldet, dass sie mehrere Schweife besassen. Indess sind die früheren Beobachtungen, besonders vor Erfindung des Fernrohres, sehr mangelhaft. Betrachtet man daher bloss diejenigen Kometen, welche in dem gegenwärtigen Jahrhunderte erschienen sind, so findet sich, dass unter etwa 180 vom Anfange dieses Jahrhunderts an beobachteten Kometen bloss 6 die Erscheinung mehrfacher Schweife dargeboten haben. Die Erscheinung ist also auf jeden Fall eine seltene, abnorme.

Zöllner erklärt nach seiner Theorie die mehrfachen Schweife durch die Annahme, dass bisweilen, unter Verhältnissen, die wir gegenwärtig noch nicht kennen, die Elektricität der Kometendämpfe in die entgegengesetzte übergeht. Ein solcher Fall trat hiernach bei dem Kometen von 1824 ein, dessen einer Schweif der Sonne zugewandt war, weil die ungleichnamigen Elektricitäten der Sonne und eines Theiles der Kometendämpfe sich zu vereinigen strebten und dadurch die betreffenden Dampftheilchen die Richtung nach der Sonne erhielten, während diejenigen, welche eine mit der Sonnenelektricität gleichnamige Elektricität besassen, sich von der Sonne entfernten, und den Hauptschweif bildeten. Die Zertheilung der Schweife auf der, der Sonne entgegengesetzten Seite des Kometen, wie sie der Komet von 1744 zeigte, erklärt sich unter der Annahme von mit der Sonne identischer Elektricität. Sind nämlich durch irgend einen Umstand die Dampftheilchen, welche den Schweif bilden, in der Basis von

einander getrennt worden, so müssen sie auf der von der Sonne abgewandten Seite des Kometen in divergirenden Strömen auseinandergehen, ähnlich wie zwei Hollundermarkkugeln, die, an einen leinenen Faden befestigt, neben einander aufgehängt sind, sofort divergiren, sobald sie elektrisch werden.

Die genaueren Beobachtungen der Neuzeit über die Nebel- oder Dunsthüllen, welche sich aus den Kometenköpfen entwickeln, ebenso die pendelartig hin- und herschwingenden Sektoren, die aus den Kometenkernen aufschliessen und über deren Bewegungen zuerst Bessel's Beobachtungen und Rechnungen ein so helles Licht geworfen haben, finden in Zöllner's Theorie eine ungezwungene Erklärung. Schon Bessel behauptete die Existenz einer Polarkraft der Sonne und bestimmte deren Constante, wie ich später Gelegenheit finden werde, näher zu entwickeln; Zöllner's Theorie verknüpft nun diese Polarkraft mit der uns wohlbekannten Elektrizität.

Wenn es sonach unbestritten bleibt, dass die Zöllner'sche Theorie der Kometen die Erscheinungen, welche diese räthselhaften Himmelskörper für uns darbieten, im Grossen und Ganzen darstellt und von allgemeinen Gesichtspunkten aus erläutert, so darf man dennoch nicht vergessen, dass ihr Grundprincip, die Annahme des tropfbarflüssigen Zustandes der Kometenmaterie, eine nicht bewiesene Hypothese ist. Durch die klassischen Untersuchungen Schiaparelli's wissen wir heute, dass zwischen den Kometen und den Sternschnuppen eine Verwandtschaft besteht, indem gewisse Sternschnuppenschwärme in Bahnen einhergehen, die mit denjenigen einzelner Kometen übereinstimmen. Von verschiedenen Seiten hat man hieraus voreilig geschlossen, dass beide Klassen von Himmelskörpern überhaupt identisch seien und Sternschnuppenschwärme aus

grossen Entfernungen gesehen, sich uns als Kometen darstellen würden. Dieser Schluss ist aber, wie Schiaparelli nachwies unrichtig, Kometen und Sternschnuppen sind wesentlich verschiedene Himmelskörper und die Uebereinstimmung ihrer Bahnen kann nur als Beweis für die Gleichheit ihres Ursprungs angesehen werden. Schiaparelli denkt sich diese ursprüngliche Zusammengehörigkeit in der Weise, dass die Kerne der Kometen aus einer festen Substanz bestehen, welche durch die meteorologischen Vorgänge in ihrer Dunsthülle einer Art Verwitterungsprocess unterworfen wird, so dass sich die Kerne der Kometen allmählig in ein Aggregat discreter Theilchen auflösen, welche bei ihrer Zerstreuung durch die Attraction und den atmosphärischen Widerstand eines grössern Weltkörpers in einen Meteorschwarm verwandelt werden. Zöllner glaubt nun, dass die Kometen die flüssigen, die Meteoriten oder Sternschnuppen aber die festen Ueberreste eines grössern Weltkörpers seien. „Würde unsere Erde“, sagt er, „jemals durch einen ähnlichen Process in einzelne Stücke zertrümmert, durch welchen sich Olbers die kleinen Planeten entstanden denkt, so müssten sich neben den zahlreichen festen Fragmenten auch Theile der gegenwärtigen Meere und der im Innern gebildeten flüssigen Kohlenwasserstoffverbindungen zu einzelnen Flüssigkeitskugeln gruppiren, die den Bewohnern anderer Welten den Anblick kometenartiger, mit variablen Dunsthüllen umgebener Körper darböten.“

Schiaparelli hat in vollster Uebereinstimmung mit den Beobachtungen nachgewiesen, dass wir in den Kometen keineswegs unveränderliche, compacte Weltkörper vor uns haben, bei welchen die Störungen durch die Anziehung der Sonne und der Planeten bloss eine Veränderung der Bahn nach sich ziehen, sondern dass die

Kometen vielmehr Körpersysteme von sehr geringer Dichtigkeit sind, die unter gewissen Bedingungen im Laufe der Zeit in Auflösung gerathen. Unter solchen Umständen verbietet sich natürlich jede Annahme einer Bewohntheit dieser Körper durch lebendige Wesen von selbst, wenn wir nicht etwa diese Wesen uns so organisirt denken wollen, dass ihnen der Aufenthalt in einem heissen Fluidum keinen Schaden bringt, und dass es ihnen ferner keine Unbequemlichkeit verursacht, wenn ihr Wohnort sich von Zeit zu Zeit zertheilt.

Die Auflösung, welche in Folge der Anziehung der Sonne in einem Systeme kleiner, von einander getrennter Körperchen, oder von zusammenhängender Materie mit geringer Dichtigkeit, unter gewissen Bedingungen, die wir sogleich näher betrachten wollen, nothwendig vor sich gehen muss, ist bis auf Schiaparelli durchaus nirgends nach der ihr gebührenden Wichtigkeit gewürdigt worden. Und doch spielte sie wahrscheinlich eine höchst bedeutende Rolle bei der Entstehung der Sternsysteme aus der Urnebelmaterie, und spielt sie noch gegenwärtig, indem sie die Erscheinungen der periodischen und regulären Sternschnuppenfälle bedingt.

Denkt man sich ein kugelförmiges, aus kleinen, von einander getrennten Körpern zusammengesetztes System, von homogener Structur und Dichtigkeit, so wird jedes einzelne Theilchen dieses Systems nach dem Centrum hin mit einer gewissen Kraft angezogen, die von dem Abstände des betreffenden Theilchens vom Anziehungsmittelpunkte abhängt. Wird das ganze System nun seinerseits auch von der Sonne angezogen, so ist klar, dass die Anziehung dieser letztern auf die ihr zugewandten nächsten Punkte am stärksten, auf die von ihr abgewandten, entferntesten, am geringsten sein muss. Die Differenz zwi-

schen diesen Anziehungen und der Anziehung der Sonne auf den Mittelpunkt, ergibt die störende Kraft, welche dahin strebt, die beiden erwähnten Punkte von dem Mittelpunkte der Kugel zu entfernen. Die Anziehung der Sonne wirkt also auf das bezeichnete kugelförmige System gerade repulsiv, und es wird sofort eine Auflösung dieses Systems eintreten müssen, wenn die repulsive störende Kraft der Sonne grösser ist, als die anziehende Centralkraft im Mittelpunkte des betreffenden Systems. Die Stabilitätsgrenze hängt nicht von den Dimensionen der Kugel, sondern nur von der Menge der in ihr enthaltenen Materie und von ihrer Entfernung von der Sonne ab. Denkt man sich ein System von sehr kleinen Massen, deren Gewicht ein Gramm ist, und fragt, wie gross der mittlere Abstand dieser kleinen Körperchen von einander sein müsse, damit das ganze System in derselben Entfernung wie die Erde von der Sonne, als stabil beharren könne, so findet man nach Schiaparelli, dass eine solche Wolke von Körperchen in der angegebenen Distanz von der Sonne sofort aufgelöst würde, wenn die mittlere Entfernung jedes Körperchens von dem andern grösser als 1,86 Meter sein wird. In diesem Falle wird die Anziehung der Sonne jedes einzelne Körperchen von 1 Gramm Gewicht in eine unabhängige Bahn lenken.

Nimmt man an, dass das kugelförmige System nicht aus getrennten Theilen, sondern aus zusammenhängender Materie besteht, so kann man wiederum mittels der Rechnung die Beziehung zwischen der Dichtigkeit des Systems und derjenigen Entfernung von der Sonne bestimmen, welche den Beginn der Auflösung desselben bezeichnet. Hiernach findet man z. B., dass der erste Komet von 1843 mindestens eine Dichtigkeit von $\frac{1}{17}$ (die des Wassers = 1 gesetzt) haben müsste, wenn er sich in seiner Sonnennähe

nicht auflösen sollte. Diese Dichtigkeit kann man aber der Atmosphäre weder dieses noch irgend eines andern Kometen beilegen. Schiaparelli hat berechnet, dass ein System, wie das hier angenommene, in der Entfernung der Erde von der Sonne, um nicht aufgelöst zu werden, eine Dichte von mindestens $\frac{1}{3310000}$ besitzen muss. Das gibt für 10 Kubikmeter drei Gramme Materie und entspricht der Dichtigkeit unserer Atmosphäre bei der Temperatur von 0 Grad unter dem Drucke von 0,177 Millimeter. Ein homogener Haufen von Materie, der diesen Grad der Dichtigkeit besitzt, wird demnach sich unter dem Einflusse der Sonnenanziehung bereits aufzulösen beginnen, wenn er der Sonne näher als die Erdbahn kommt. „Diese Dichtigkeit“, sagt aber Schiaparelli, „ist viel grösser als diejenige, welche man der Atmosphäre der Kometen gewöhnlich beimisst.“ Wenn die Dichtigkeit der betrachteten Systeme nicht gleichmässig (homogen), sondern von Aussen nach dem Mittelpunkt hin zunehmend ist, so wird die Auflösung nicht gleichmässig in allen Theilen des Systems beginnen, sondern von Aussen nach Innen fortschreiten. In dem Maasse, als sich ein solcher Komet der Sonne nähert, wird die auflösende Kraft zunehmen und sich auf immer tiefere und dichtere Schichten erstrecken, ja der Komet muss sich ganz auflösen, wenn der innerste Kern nicht so dicht ist, um der auftretenden, stärksten auflösenden Kraft zu widerstehen. Diese Folgerungen stimmen nun in ausgezeichnetem Grade mit den Beobachtungen der Kometen überein. Die genaueren Untersuchungen haben nämlich, besonders deutlich beim Donatischen, dann auch bei verschiedenen anderen Kometen das Abscheiden von Nebelhüllen in dem Maasse als der Komet der Sonne näher rückt, gezeigt. In den prachtvollen Zeichnungen, welche Bond von dem Donatischen

Kometen gegeben hat, erkennt man deutlich die Schichten des ausgeschiedenen Stoffes in den Lagen, welche das im Raume fortschreitende Gestirn einige Tage früher eingenommen hatte.

Die wichtigen Untersuchungen von Schiaparelli, wodurch die Kometen mit den Meteorströmen in die engste Verbindung gebracht werden, haben gleichzeitig der kometarischen Astronomie und der Meteorkunde, wie den kosmologischen Anschauungen, eine beträchtliche neue Ausdehnung gegeben. Es haben sich hiedurch eine grosse Menge neuer und überaus interessanter Gesichtspunkte ergeben, an die man vordem nicht denken konnte.

Ich will jetzt an der Hand Schiaparelli's die Stellung der Kometen im Universum, von ihrer ersten Entstehung bis zum Ende ihrer Existenz als kosmisch selbständige Körper näher betrachten. Auf die Sternschnuppen werde ich später zurückkommen.

Laplace hat die Kometen als kleine Nebelmassen betrachtet, welche von Sonnensystem zu Sonnensystem durch den Raum irren, und, wenn sie zu unserer Sonne herabsteigen, sich in Bahnen bewegen, deren uns sichtbarer Theil mit einer parabolischen Linie zusammenfällt. Als indess Schiaparelli das nämliche Problem von allgemeineren Gesichtspunkten geometrisch untersuchte, kam er zu dem richtigeren Ergebnisse, dass, im Falle den Kometen diejenige Stellung zukomme, welche ihnen Laplace vindicirte, dann ihre Bahnen fast ohne Ausnahme einen entschieden hyperbolischen Charakter besitzen müssten. „Dieses Resultat“, erklärt Schiaparelli, „zerstört vollständig die Hypothese von Laplace über den Ursprung der Kometen, und vernichtet alle Folgerungen, welche ich selbst in meinen früheren Arbeiten aus dieser Hypothese habe geglaubt ziehen zu können. Die Kometen gelangen

zu uns aus den Sternenräumen, wie der etwas hyperbolische Charakter einiger ihrer Bahnen klar erweist; aber zu gleicher Zeit lässt uns die fast parabolische Gestalt, welche bei den von ihnen beschriebenen Kegelschnitten vorherrscht, erkennen, dass unter der unendlich grossen Anzahl der Körper, welche die Himmelsräume bevölkern, die Kometen eine Klasse für sich bilden, ausgezeichnet durch einen besondern Charakter, welcher sich uns in derjenigen Bahngestalt zeigt, die für die anderen Körper, wie die Theorie beweist, die am wenigsten wahrscheinliche ist. Es ist nicht schwer, zu erforschen, welches dieses specielle Merkmal ist, um das es sich hier handelt. Wir haben in der That schon erwähnt, dass eine fast parabolische Bahn von einem, aus den Fixsternräumen herkommenden Körper nur dann beschrieben werden kann, wenn die Geschwindigkeit und die Richtung seiner Eigenbewegung fast genau gleich der Geschwindigkeit und der Richtung der Eigenbewegung der Sonne sind. Hieraus ist zu schliessen, dass die Kometen unter den Sternen und den anderen nichtplanetarischen Körpern ein besonderes System bilden, dessen Glieder sämmtlich die Sonne bei ihrer Eigenbewegung durch die Himmelsräume begleiten. An diesem Systeme nimmt die Sonne ebenfalls Theil, wenn auch nicht als einziges und hauptsächliches Centrum, so doch wenigstens als eines der Centra von grösserer Masse und Anziehung, welchem die kleineren Körper des Systems, wenigstens zeitweise, als Satelliten unterthan sind. Ob ausser der Sonne noch andere Gestirne an diesem Systeme Theil nehmen, ist für jetzt unmöglich zu entscheiden; ein Erkennungszeichen für solche Gestirne würde eine merkliche jährliche Parallaxe in Verbindung mit einer scheinbaren Eigenbewegung sein, die Null oder sehr klein ist.“

Schiaparelli weist darauf hin, dass die Vorstel-

lung, welche unsere Sonne mit zahlreichen anderen Körpern im Sternensysteme, als ein kleineres System für sich betrachtet, nicht ohne Analogie sei, indem in gewissen Gegenden des Himmels ganze Gruppen von Sternen mit fast gleicher Eigenbewegung und in derselben Richtung fortziehen. Dieser Sternen-Drift kann zwar zum Theil als Abspiegelung der Bewegung unserer Sonne durch den Raum betrachtet werden; in den meisten Fällen hat man es aber mit reellen Erscheinungen zu thun. Ich will hier einige solcher Sternsysteme anführen. Als merkwürdiges Beispiel kann man die mittleren Hauptsterne des grossen Bären betrachten, nämlich die Sterne γ , δ , ϵ , ζ dieses Sternbildes. Die Eigenbewegung derselben beträgt durchschnittlich 14 oder 15 Bogensekunden im Jahrhundert, und die Richtung dieser Bewegung ist übereinstimmend nach Osten gerichtet. Ein anderes Beispiel bieten die Sterne ζ , ϵ , δ des Orion; ihre Eigenbewegung beträgt ungefähr 10 Bogensekunden im Jahrhundert und die Richtung dieser Bewegung ist nahezu eine westliche. Eine andere merkwürdige Sternströmung sehen wir im Kopfe des Stieres in der Hyadengruppe. Auch hier zeigen sämtliche Sterne der Gruppe eine Bewegung gegen Südosten und eine nahezu gleiche Grösse dieser Bewegung, mit Ausnahme von dreien, die nur optisch zu dieser Gruppe gehören. Zu diesen letzteren Sternen gehört auch der hellste der ganzen Gruppe, der schöne rothe Stern *Aldebaran*; er steht in Wirklichkeit zwischen der Sterngruppe und unserer Sonne.

Schiaparelli glaubt, dass alle diese mit einer gemeinsamen Bewegung begabten Körper seit der Zeit des Ursprungs der heutigen Sternenwelt, ein System für sich gebildet hätten, dessen Glieder auch nach ihrem Eindringen in einen von anderen Körpern eingenommenen Raum

ihre gemeinsame Bewegung beibehalten hätten, und deshalb noch das Wahrzeichen ihres gleichen Ursprungs an sich trügen. Nach den Anschauungen von Sir William Herschel über die Bildung der Sternenwelt vermittelt der verdichteten Nebelmaterie könne man sich diese That- sachen leicht durch die Voraussetzung erklären, dass in jeder mit paralleler und gleicher Bewegung im Raume begabten Gruppe alle Gestirne bei ihrem Ursprunge einem und demselben Theile der Nebelmasse angehörten, dessen ur- sprüngliche Bewegung auch nach erfolgter Concentration zu einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Körpern, fortgesetzt werde. „Ein solcher Theil der Nebelmasse würde die gemeinsame Mutter des Sonnensystems, der Kometen und möglicherweise auch anderer Himmelskörper gewesen sein. Die Kometen sind aber nicht seit ihrem Ur- sprunge, wie Einige geglaubt haben, dem Sonnen- systeme angehörige Körper, sondern stehen zu der Sonne in einer Beziehung der nahen Verwandtschaft, oder des gemeinsamen Ursprunges, weil sie mit ihr in einem und demselben Theile der ursprünglichen Nebelmasse entstanden sind, und sie begleiten noch heute die Sonne in ihrer unbekannten kosmischen Bahn.“

Eine merkwürdige Thatsache, welche auf den gemein- samen Ursprung vieler Kometen überraschende Streiflichter fallen lässt, ist von Schiaparelli in der überein- stimmenden Richtung der Aphele, der Sonnenfernen, gewisser Kometen erkannt worden. Wenn man nämlich aus den Kometenverzeichnissen diejenigen Haarsterne her- aussucht, welche in ihrem Sonnennähepunkte weniger als $\frac{1}{5}$ des Erdbahnhalbmessers vom Centrum der Sonne ent- fernt sind, und die Richtungen ihrer Aphele, d. h. die Punkte des Himmelsgewölbes bestimmt, welche die Rich- tung bezeichnen, in der diese Kometen sich befinden, wenn

sie ihre grösste Entfernung von der Sonne erreicht haben würden, so findet man, dass von 24 Aphelen 9 in einem kleinen Raume um den hellen Fixstern Capella im Bilde des Fuhrmannes herum zusammengedrängt sind, der Art, dass man alle in einem kleinen Kreise zusammenfassen kann, der mit einem Halbmesser von 30 Graden um einen Punkt von 72 Grad Rectascension und 42 Grad Nordpoldistanz beschrieben wird. Wenn man hierauf um diesen nämlichen Punkt einen grössten Kreis beschreibt, so werden auf der so bestimmten Halbkugel ausser den 9 genannten Punkten noch 12 andere enthalten sein, so dass auf die entgegengesetzte Halbkugel von 24 Aphelen nur 3 fallen. „Wenn die Zukunft“, sagt Schiaparelli, „diesen Umstand durch eine grössere Menge von Beobachtungen bestätigen wird, so werden wir zu dem Schlusse geführt, dass in der Richtung des Sterns Capella ein System von Massen existirt, die sich im Raume mit einer genau oder fast genau gleichen Richtung und Geschwindigkeit wie die Sonne bewegen. Die Sonne könnte auch möglicherweise ein Theil dieses Systems und vielleicht excentrisch in demselben gelegen sein, so dass das Centrum oder der grössere Theil des Systems sich uns in der erwähnten Richtung zeigte: hierdurch würde es auch verständlich, warum alle oben erwähnten Bahnen nicht einzig und allein von dieser Richtung herkämen, sondern nur in grösserer Menge um sie herum zusammengedrängt seien. Wie man auch über eine solche Hypothese denken mag, so ist es doch sehr beachtenswerth, dass Mädler gerade in diesem Theile des Himmels ein Minimum der scheinbaren Geschwindigkeiten in den Eigenbewegungen der Fixsterne zu erkennen geglaubt hat.“

Die Bahnen der Kometen, welche wir nun aus dem ungemessenen Sternenraume gegen unsere Sonne herab-

steigen lassen, unterliegen aber gewissen Modificationen, welche sie bisweilen beträchtlich verändern, ja total umgestalten können. Die Ursachen, welche solche Veränderungen hervorrufen können, sind: der Widerstand des die Himmelsräume erfüllenden Fluidums und die planetarischen Anziehungen. Was den erstern Umstand anbelangt, so beweist die Abnahme der halben grossen Axe der Bahn des Encke'schen Kometen nach den neuesten Untersuchungen allerdings noch nicht, dass er auch heute noch thätig ist, vielleicht aber haben wir doch einige Wahrscheinlichkeit für die Annahme, dass die verhältnissmässig engen elliptischen Bahnen gewisser Kometen durch den Widerstand eines hemmenden Fluidums im Laufe sehr langer Zeitperioden, aus weit grösseren Bahnen nach und nach entstanden sind. Inzwischen scheint die zweite Ursache, nämlich Störungen durch die grossen Planeten, ungleich wirksamer gewesen zu sein; wenigstens kann man dies aus dem Grunde behaupten, weil fast unter unseren Augen der Planet Jupiter zwei Mal die Bahnen von Kometen total verändert hat.

Der erste dieser Kometen ist derjenige, welcher im Jahre 1770 von Messier entdeckt wurde. Die Berechnung von Lexell ergab eine Umlaufszeit von etwa $5\frac{1}{2}$ Jahren, allein das Gestirn wurde weder nachher wieder gesehen, noch ist es vor 1770 je beobachtet worden. Erst Burckhardt's Untersuchungen klärten die Sache auf, indem sich aus denselben ergab, dass der Komet im Jahre 1767 sich dem Jupiter bedeutend näherte, und durch die Störung, welche seine Bewegung durch diesen grossen Planeten erlitt, erst in die enge elliptische Bahn geworfen wurde, welche er 1770 beschrieb. Derselbe Planet aber warf den Kometen später, als dieser im Jahre 1779 dem Jupiter abermals nahe kam, wiederum in eine neue Bahn, in der er uns niemals mehr zu Gesichte kommen kann.

Das zweite Beispiel einer, durch planetarische Störungen umgestalteten Bahn bietet der von Brorsen am 26. Februar 1846 auf der Kieler Sternwarte entdeckte, kleine, kern- und schweiflose Komet. Auch in diesem Falle war es wiederum der Planet Jupiter, der uns diesen Kometen zuführte. Nach den Berechnungen von d'Arrest verdankt nämlich der genannte Komet seine gegenwärtige Bahn der grossen Nähe, in welche er während der Monate April, Mai und Juni 1842 dem Planeten Jupiter kam. Vor dem 19. April jenes Jahres beschrieb das Nebelgestirn eine elliptische Curve um die Sonne, in welcher es dieser niemals näher als 30 Millionen Meilen kam, sich aber bis zu 117 Millionen Meilen von ihr entfernte. Der Winkel, welchen die Ebene dieser Bahn mit der Ebene der Erdbahn macht, betrug damals 41 Grad. Der Einfluss des Planeten Jupiter veränderte die damalige Bahn der Art, dass durch ihn der kleinste Abstand des Kometen von der Sonne sich auf 13 Millionen Meilen verminderte, die grösste Entfernung 113 Millionen Meilen und der Winkel der Bahn mit der Erdbahn nur 31 Grad beträgt. Damit ist aber die Action des Jupiter noch keineswegs beendigt, sie hat uns den Kometen gebracht, sie wird denselben auch wieder unseren Augen entrücken. Die Rechnungen von d'Arrest ergeben, dass, soviel sich bis jetzt beurtheilen lässt, der Brorsen'sche Komet uns bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts erhalten bleibt, um dann, nach einem rohen Ueberschlage vielleicht um das Jahr 1937, wieder in eine andere Bahn einzulenken.

Dieser vorübergehenden Dauer oder diesem periodischen Wandel gewisser Kometen in ephemeren Bahnlinien, entspricht die vorübergehende Existenz anderer als zusammenhängender, ungetrennter Körper. Die merkwürdige Theilung des Biela'schen Kometen in zwei getrennt ein-

hergehende Gestirne ist zu bekannt, um länger dabei zu verweilen. Wenn diese Trennung, wie Professor Kirkwood meint, nichts als eine Wirkung der auflösenden Kraft der Sonne ist, so kann das gänzliche Ausbleiben dieses Doppelgestirns im Jahre 1866 nicht besonders überraschen, da die auflösende Kraft, indem sie auf jeden der beiden Kometen fortdauernd einwirkte, diese beiden lichtschwachen Gestirne bald zur gänzlichen Unsichtbarkeit abschwächen musste. Noch weniger kann aber der grosse Sternschnuppenfall in der Nacht vom 27. zum 28. November 1872 in Verwunderung setzen, da die Erde damals der Bahn des Biela'schen Kometen sehr nahe kam. Letztere hat im Raume eine solche Lage, dass der Punkt des niedersteigenden Knotens derselben fast genau dieselbe Entfernung von der Sonne hat, wie die Bahn der Erde selbst an dieser Stelle.

Die Länge dieses niedersteigenden Knotens auf der Ebene der Ekliptik beträgt 66^0 und diesen Ort erreichte die Erde 1872 in der Nacht vom 27. zum 28. November; da nun auch an dieser Stelle die Entfernung des Bahn-umfanges des Biela'schen Kometen von der Sonne nur um einen unbedeutenden Betrag kleiner ist, als die Entfernung der Erde von der Sonne, so ging unser Planet eine kurze Zeit hindurch dicht neben der Bahn des Biela'schen Kometen einher. Denkt man sich, um ein populäres Beispiel herbeizuziehen, die beiden Bahnen als zwei Schienengeleise, so ist jener Punkt analog der Strecke, auf welcher diese Schienengeleise dicht neben einander herlaufen, während sie sonst nach den verschiedenartigsten Richtungen hin weit auseinander gehen. Zwei Eisenbahnzüge auf diesen Geleisen werden sich nur dann begegnen, nur dann dicht aneinander vorbeifahren, wenn sie gleichzeitig jene Strecke passiren. Ebenso verhielt es sich

mit der Erde und dem Biela'schen Kometen. Von der Erde wissen wir, dass sie am 27. November an der betreffenden Stelle, gewissermassen an dem Orte des Rendezvous war, von dem Kometen dagegen wissen wir nichts Bestimmtes. Derselbe war im Spätsommer 1852 zum letzten Male gesehen worden und seitdem nicht wieder, obgleich er, der Rechnung gemäss, im Winter 1865—66 hätte wiederkehren müssen und dann den eifrigen Nachforschungen der Astronomen nicht entgangen wäre. Dieses räthselhafte Verschwinden eines grossen Weltkörpers, oder eigentlich zweier, da der Komet ja ein Doppelkomet ist, hat schon damals das grösste Aufsehen erregt und wie bereits bemerkt, schloss man mit einiger Wahrscheinlichkeit, dass sich das Gestirn wenigstens theilweise aufgelöst habe. Dieser Schluss scheint sich durch den Meteorregen in der Nacht vom 27. auf den 28. November 1872 zu bestätigen. Hätte nämlich der Komet noch unverändert bestanden, so würde die Erde an jenem Tage gar nicht in seine Nähe gekommen sein, indem er den fraglichen Punkt schon lange vor ihr passirte, ja im ersten Drittel des Octobers ungefähr schon seinen Sonnennähepunkt erreichte. Wenn sich aber der Komet theilweise in einen grossen, längs der Peripherie seiner Bahn ausgedehnten Meteorschwarm auflöste, so konnte es sich sehr gut ereignen, dass die Erde bei ihrem Vorüberfluge an jener Stelle noch einen Theil des Schwarmes antraf, der eben im Begriffe war, vorbeizupassiren. Das scheint in der That der Fall gewesen zu sein und die Erde zog nun durch ihre Anziehungskraft einen mehr oder minder bedeutenden Theil dieser Meteore zu sich heran oder auch, wenn man will, sie durchflog einen Theil dieses Schwarmes. Man kann also keineswegs von einem Zusammenstosse der Erde mit dem Biela'schen Kometen sprechen, sondern

höchstens nur von einer Begegnung mit einem Meteor-
schwarme, der aus der theilweisen Auflösung des Biela'schen
Kometen entstanden ist.

Klinkerfues, der das Gestirn in der Nähe der Erde
vermuthete, schloss, dass es nach dem Sternschnuppen-
falle am südlichen Himmel in der Nähe von ζ im Cen-
tauren sichtbar sein müsse. Er telegraphirte unverweilt
nach Madras und Pogson fand in der That am 2. De-
cember einen Kometen nahe an dem bezeichneten Orte.
Klinkerfues hielt denselben für einen des Biela's, aber
neue Rechnungen von Bruhns machen es zweifelhaft,
ob der von Pogson gesehene Komet wirklich mit einem
der Köpfe des Biela'schen Doppelgestirns identisch ist.

Andere, nicht minder merkwürdige Beispiele der
Trennung eines Kometen in zwei, die aber lange vor
jeder astronomischen Beobachtung muss stattgefunden
haben, bieten einige Kometen, die ich aus den Verzeich-
nissen habe zusammenstellen können. Den ausschliess-
lichen, aber auch hinreichenden Beweisgrund für die vor-
einstige Identität je zweier dieser Kometen liefert die
bedeutende Aehnlichkeit der Bahnen, welche sie noch
gegenwärtig im Raume beschreiben. Von diesen Ko-
meten sind die merkwürdigsten die beiden, welche im
Jahre 1857 ihre Sonnennähe erreichten, der eine am
18. Juli, der andere am 1. October. Der kürzeste Ab-
stand des ersten von der Sonne beträgt $7\frac{1}{2}$ Millionen
Meilen, der des zweiten $11\frac{1}{2}$ Millionen Meilen. Die Rich-
tung nach dem Orte dieser Sonnennähe im Raume trifft
auf die Ebene der Erdbahn für beide Kometen im 250ten
Grade vom Frühlingsnachtgleichenpunkte. Der Neigungs-
winkel der Bahnen mit der Erdbahn beträgt beim ersten
Kometen 24 Grad, beim zweiten 15 Grad. Diese Unter-
schiede sind gering, besonders wenn wirklich dem ersten

Kometen (nach den Rechnungen von Villarceau) eine Umlaufszeit von 7000, dem andern hingegen (nach Lins-
ser) eine solche von 2400 Jahren zukommt. Die Um-
stände, welche vor Zeiten die Trennung der Kometen
bewirkten, können sehr wohl auf die Bahnverhältnisse
einen solchen bedeutenden Einfluss gehabt haben, dass
die bezeichneten Unterschiede in den Umlaufzeiten daraus
resultirten.

Ich habe bereits oben darauf hingewiesen, dass es
für jeden Kometen eine gewisse Stabilitätsgrenze gibt, der
wiederum eine gewisse Distanz von der Sonne entspricht,
die der Komet in der Richtung zur Sonne hin nicht über-
schreiten darf, ohne dass in Folge der Sonnenanziehung
er sich theilweise oder ganz auflöst. Wenn ein solcher
Komet gleichförmig dicht ist, so muss er sich sofort in
allen seinen Theilen aufzulösen beginnen; allein vielleicht
niemals ist die Kometenmaterie völlig homogen, vielmehr
nimmt die Dichte von der Oberfläche nach dem Mittel-
punkte hin zu. Die Auflösung wird also meist eine nur
partiale sein, sie wird, von der Oberfläche beginnend,
schichtenweise vor sich gehen. In jedem Falle aber wer-
den — und darauf legt mit Recht Professor Schiap-
parelli einen Hauptnachdruck — die losgetrennten Theile
des Kometen Bahnen beschreiben, die sich sehr wenig
von der ursprünglichen Bahn des Kometen unterscheiden.
Daher wird die Kometenmaterie sich längs der Bahn ver-
theilen, indem sie einen mehr oder weniger grossen Bogen
derselben einnimmt. Wenn die Bahn elliptisch, also ge-
schlossen ist, so müssen die kleinen Unterschiede in den
verschiedenen Theilen des Stromes sich mehr und mehr
anhäufen, der Strom wird sich nach und nach über den
ganzen Umfang der Bahn ausdehnen und zuletzt einen
elliptischen Ring von Kometenmaterie darstellen.

Indem wir zu dem Resultate gelangen, dass das Ende vieler und im Laufe einer genügend langen Zeit wahrscheinlich fast aller Kometen die Auflösung derselben in einen Ring von Kometenmaterie sein muss, welcher sich längs der ganzen Bahn, die das Gestirn beschreibt, hinzieht, kann man leicht geneigt werden, dieses Phänomen in Zusammenhang zu bringen mit der Erscheinung des sogenannten Zodiakallichtes, jenes merkwürdigen, dem Glanze der Milchstrasse bisweilen nicht nachstehenden Lichtschimmers, den man im Frühlinge nach Sonnenuntergang im Westen, im Herbst vor Sonnenaufgang am Osthimmel bei heiterer Atmosphäre wahrnimmt. Dieser, meist pyramidale Schimmer, der von der Ebene der Erdbahn kaum 3 oder 4 Grad abweicht, ist in der That schon mit Kometen in Verbindung gebracht worden, besonders von F a y e, der darauf hinwies, dass die Kometen von kurzer Umlaufszeit von der Ebene der Erdbahn durchschnittlich nur wenig abweichen. Dagegen hat Schiaparelli freilich bemerkt, dass dieser Umstand nur von geringer oder gar keiner Bedeutung in Bezug auf das Zodiakallicht sein könne, indem die geringe Bahnneigung jener Kometen eine nothwendige Folge der Umstände sei, welche ihnen eben ihre enge Bahn anwiesen. In der That, wenn der störenden Attraction der Planeten der hauptsächlichste Antheil an dem Zustandekommen der kleinen, elliptischen Bahnen gewisser Kometen gebührt, so ist es einleuchtend, dass die nämliche Wirkung, weil sie von Planeten ausgeht, die selbst nur wenig aus der Ebene der Erdbahn abweichen, dahin streben muss, die Ebenen dieser Kometenbahnen mehr und mehr der Ebene der Erdbahn zu nähern. Aber auch abgesehen hiervon, ist die ganze Idee, welche das Thierkreislicht als einen über die Erde hinausreichenden Ring mit den Kometen in Ver-

bindung bringt, wie Schiaparelli überzeugend nachgewiesen, unhaltbar. Um dieses einzusehen, muss man sich erinnern, dass das Zodiakallicht nicht allein sich unter der Gestalt einer leuchtenden Pyramide darstellt, deren Basis der Ort der (unter dem Horizonte befindlichen) Sonne ist, sondern dass auch auf der der Sonne gerade entgegengesetzten Seite unter günstigen Verhältnissen stets ein Lichtschimmer sichtbar wird, welcher den Namen Gegenschein des Zodiakallichtes erhalten hat. Der Erste, welcher diesen Gegenschein bemerkt zu haben scheint, war 1730 P. Pezenas, der in den Memoiren der Pariser Akademie von 1731 über seine Wahrnehmung berichtete. Auch Humboldt sah denselben im März 1803 in Südamerika. Zahlreichere Beobachtungen stellten aber erst 1834 Brorsen und später G. Jones an. Schiaparelli hat sich ebenfalls viel mit der Beobachtung des Zodiakallichtes beschäftigt. Er fand den Gegenschein desselben besonders leicht wahrnehmbar, wenn sein Centrum in das Sternbild des Löwen oder der Jungfrau fällt, schwieriger, wenn dasselbe in den Constellationen des Wassermannes oder der Fische liegt. In der Nacht des 3. Mai 1862, gegen 12 Uhr, sah derselbe Astronom das Zodiakallicht in Gestalt einer leuchtenden Brücke die ganze sichtbare Halbkugel des Himmels überziehen, indem es in einer Breite von 15 Graden die Sternbilder der Zwillinge, des Löwen, der Jungfrau, der Wage und des Scorpions durchstrich. Was den Glanz desselben anbelangt, so fallen die Punkte der grössten Helligkeit mit dem Orte der Sonne und dem gegenüberliegenden zusammen, die geringste Helligkeit findet nach den Beobachtungen von Schiaparelli in zwei Punkten statt, welche ungefähr 130 Grad von der Sonne und 50 Grad vom Mittelpunkte des Gegenscheins entfernt sind.

Schiaparelli hat nun gezeigt, dass, wenn das Zodiakallicht aus einer Gesammtheit von phosphorescirenden oder selbstleuchtenden Körpern bestände, oder wenn es der Reflex einer Wolke oder eines Ringes von festen Körpern wäre, alsdann die geringste Helligkeit auf der der Sonne diametral entgegengesetzten Seite sich zeigen müsste, was den Beobachtungen gerade widerspricht. Dieses nämliche Resultat gilt aber auch Wort vor Wort, wenn man das Zodiakallicht als aus leuchtender oder erleuchteter Nebelmaterie bestehend ansieht, indem auch in diesem Falle auf der der Sonne gerade entgegengesetzten Seite ein Minimum von Helligkeit sich zeigen müsste, was mit den Wahrnehmungen des Gegenseins im Widerspruche steht.

IV.

Bis vor Kurzem waren die Sternschnuppen das Stiefkind der Astronomie; man schenkte ihnen nur eine geringe Beachtung, ja ignorirte sie vielfach ganz. Es gab Astronomen, — und ich kann zu dieser Behauptung Namen anführen — welche auf Diejenigen geringschätzend herabsahen, die sich mit den Sternschnuppenbeobachtungen befassten, während sie das Hauptgewicht auf genaue Beobachtung von Fädenantritten bei Sterndurchgängen legten. Dieselben Leute waren auch wenig erbaut von den sogenannten physischen Untersuchungen der Himmelskörper, der Sonne, der Planeten und des Mondes; Beschäftigung mit Sternhelligkeiten konnte sie vollends zur Verzweiflung bringen. Wie haben sich die Zeiten seit einem Decennium geändert! Durch Einführung der Experimentalphysik in die Astronomie, hat letztere einen neuen und frischen Pulsschlag erhalten; sie ist vor einer Verknöcherung bewahrt worden, der die „Königin der Wissenschaften“ bedenklich entgegensteuerte. Wenn man das Bestreben vieler Astronomen mit demjenigen eines Mechanikers verglichen hat, der im Theater sitzt, alle Verwandlungen und die die dazu nothwendigen Maschinerien richtig erkannt hat, und nun behauptet, er habe den rechten Begriff von dem eben vorgeführten Schauspiele: so muss man freudig ge-

stehen, dass solche Bestrebungen gegenwärtig auf dem Gebiete der Astronomie in diejenigen Grenzen zurückgewiesen sind, welche ihnen zukommen, die sie aber auch unbedingt beanspruchen dürfen und müssen. Das Studium der Bewegungsverhältnisse der himmlischen Körper ist ein eminent wichtiges und nothwendiges; fehlerhaft aber wäre es, heute noch dasselbe weitaus in erste Reihe zu stellen, und alle anderen astronomischen Untersuchungen gewissermassen als Anhängsel darum zu gruppieren. Das Irrthümliche solcher Ansicht leuchtet ohne Weiteres ein, wenn man sich die überraschenden Fortschritte des eigentlichen physikalischen Theiles der Astronomie vergegenwärtigt und die grossartigen Perspektiven, die sich hier eröffnen haben. Nicht minder sind die Sternschnuppen geeignet, die gleiche Berechtigung aller Theile der Astronomie deutlich zu machen und dies in um so höherer Masse, als gerade die Meteorastronomie stets wenig für eine Entwicklung auf mathematischer Grundlage geeignet erschien. Aber ein Zusammenwirken günstiger Umstände und der Scharfsinn eines Mannes hat hier einen so plötzlichen und so grossartigen Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntniss zu Stande gebracht, wie Aehnliches die Geschichte der Wissenschaft nicht häufig zu verzeichnen Gelegenheit hatte.

Die „astronomische Theorie der Sternschnuppen von J. V. Schiaparelli“ kann als einer der wichtigsten wissenschaftlichen Fortschritte der Gegenwart betrachtet werden, und ich will deshalb versuchen, Ihnen eine genauere Darstellung derselben zu geben.

Die Grundlage der Betrachtungen über die kosmischen Meteore, denen sich Schiaparelli mit so viel Geist und Glück hingegen, bildet die Voraussetzung, dass die Meteore Körper sind, welche sich durch die Himmelsräume bewegen und erst dann sichtbar werden, wenn sie in die

irdische Atmosphäre eingedrungen sind. Die Voraussetzung ist durch fleissige Beobachtungen einer grossen Anzahl von Gelehrten schon seit mehreren Jahrzehnten als eine völlig unbestreitbare Thatsache erkannt worden; und es genügt, an die Namen von Olbers, Quetelet, Arago, Heis, Schmidt, zu erinnern, um zu beweisen, dass die ersten Autoritäten den Rang der Meteore als kosmische Körper sichergestellt haben.

Die Höhen, in welchen die Meteore in unserer Atmosphäre zuerst sichtbar werden, sind bedeutender als die obere Grenze, welche man der Atmosphäre der Erde seit langer Zeit zuzuschreiben pflegt. Wenn nach den umfassenden Untersuchungen von Julius Schmidt die untere Grenze der Höhe der Atmosphäre, hergeleitet aus den Dämmerungserscheinungen, 8 bis 10 deutsche Meilen beträgt, so haben die neueren Untersuchungen von Professor Weiss ergeben, dass im Mittel die Augustmeteore in Höhen von $15\frac{1}{2}$ Meilen aufleuchten und 12 Meilen über der Erdoberfläche erlöschen. Die Schwierigkeit, hiernach das Entzünden der Meteore aus ihrem Eindringen in unsere Atmosphäre zu erklären, ist aber nur eine scheinbare, da wir von der nähern Beschaffenheit der höchsten Luftschichten absolut nichts wissen und vielleicht auch niemals etwas Genaueres erfahren werden. Die Dämmerungserscheinungen geben auch nur diejenige Grenze an, über welche hinaus die Atmosphäre nicht mehr dicht genug ist, um eine für uns noch wahrnehmbare Lichtmenge zu reflectiren. Zudem haben die Experimente von Tyndall gezeigt, dass ein Raum mit Materie angefüllt sein kann, ohne Licht in wahrnehmbarem Masse zu reflectiren, d. h. optisch leer zu erscheinen. Jedenfalls ist es klar, dass das Glühen der Meteore in einem hemmenden Medium stattfindet, welches zu unserer Erdatmosphäre ge-

hört, und es entsteht zunächst die Frage, was für Veränderungen hierdurch in der Bewegung der Meteore hervorgerufen werden, oder mit anderen Worten, welchen Einfluss die Bewegungen der Atmosphäre auf die Bahn eines Meteors ausüben.

Schiaparelli hat diesen Gegenstand ausführlich untersucht. Indem er zuerst den Einfluss der Rotation der Atmosphäre auf die Bahn der Sternschnuppen erörtert, zeigt er, dass, wenn ein Meteor mit einer Geschwindigkeit von 30000 Metern in der Secunde unter dem 45. Breitengrade vertical niederfällt, dasselbe in Folge der Rotation der Atmosphäre eine schräge, von West nach Ost geneigte Linie beschreiben muss, die mit der Senkrechten einen Winkel von höchstens nur $37^{\circ} 35''$ macht und dem Beobachter völlig unmerklich bleibt, indem dieser, der an der rotirenden Bewegung der Erde Theil nimmt, das Meteor genau aus dem Scheitelpunkte würde herabkommen sehen. Der Einfluss der Winde auf die Bahnlinie einer Sternschnuppe ist völlig gleich Null. Die Einwirkung des Widerstandes der Luft auf die Richtung der Meteore ist dagegen nicht unmerklich. Wären die Sternschnuppen einfache materielle Punkte oder homogene Kugeln ohne Rotation, so würde dieser Widerstand die Richtung der Bewegung nicht verändern können und wenn die Bewegung im leeren Raume geradlinig war, so würde sie auch ebenso bleiben nachdem das Meteor in das hemmende Medium eingetreten ist. Wenn aber das Meteor rotirt oder keine sphärische Gestalt besitzt, so wird sich die Bahn bei der Bewegung durch ein hemmendes Medium verändern, und es können wellenförmige, geschlängelte und schwankende Curven erscheinen. Schiaparelli zeigt, dass auf diese Weise und bei geeigneter Lage der Bahn gegen die Gesichtslinie vom Beobachter, auch die sehr

seltenen Erscheinungen stationärer und umkehrender Sternschnuppen vollständig erklärt werden. Mit grossem Scharfsinne macht der Director der Sternwarte zu Mailand darauf aufmerksam, wie die unregelmässigen Bahnen vieler Sternschnuppen beweisen, dass die Körper, durch deren Glühen die Meteore entstehen, nothwendig feste sein müssen, indem sie sich andernfalls beim Zusammentreffen mit der Atmosphäre entweder zerstreuen oder nur in genau geradlinigen Bahnen in sie eindringen würden. Wenn die Spectra einiger Meteore auf gasartige Natur der letzteren hinweisen, so rührt dies wahrscheinlich von der sehr hohen Temperatur her, welche das Meteor am Ende seiner Bahn erlangte, und wodurch es in Dämpfe aufgelöst worden ist.

Was den Einfluss des atmosphärischen Widerstandes auf die Geschwindigkeit der Meteore anbelangt, so findet Schiaparelli durch eine mathematische Untersuchung, dass der Verlust an Schnelligkeit bloss von der Luftmenge abhängt, mit welcher das Meteor in seiner Laufbahn zusammentrifft, aber durchaus nicht von dem Gesetze, nach welchem diese Luft bezüglich ihrer Dichtigkeit vertheilt ist und ebenso wenig von der Länge des durchlaufenen Raumes. Eine sehr merkwürdige und schon von Benzenberg erkannte Thatsache ist die, dass die Bewegung der Meteore, wenn ihre Geschwindigkeit bedeutend abgenommen hat, nur mehr zum kleinsten Theile von der Anfangsgeschwindigkeit abhängt. Wenn man, sagt Schiaparelli, mehrere Meteore hat, welche mit sehr grosser, aber beträchtlich verschiedener Geschwindigkeit in die Atmosphäre eintreten, so wird die Schnelligkeit unter übrigens gleichen Umständen in derselben Höhe nur wenig verschieden sein, sobald ihre Bewegung sich sehr verlangsamt hat. Von zwei Meteoriten, die mit Anfangsgeschwindigkeiten von 72000 und 16000 Metern in die Atmo-

sphäre eindringen, wird die Geschwindigkeit des ersten auf 500 Meter reducirt sein in einer Höhe der Atmosphäre, wo der Luftdruck 20·301 Millimeter beträgt, diejenige des letzten in einer Höhe, welche dem Luftdrucke von 19·633 Millimeter entspricht. Beide Meteore werden also in den dichteren Luftschichten fast dasselbe Gesetz der Bewegung befolgen. Das ursprünglich am schnellsten bewegte Meteor hat demnach den überwiegend grössten Theil seiner lebendigen Kraft in viel bedeutenderen Höhen verloren als das minder schnell dahinschiessende. Die Berechnung zeigt, dass von den angenommenen zwei Meteoren dasjenige von 72000 Metern Anfangsgeschwindigkeit in einer Höhe, wo der Luftdruck nur 1·508 Millimeter beträgt, bereits $\frac{8}{9}$ seiner Geschwindigkeit und $\frac{80}{81}$ von seiner lebendigen Kraft eingebüsst hat, während das andere in den tieferen Regionen des Luftmeeres, wo der Druck 2·463 Millimeter beträgt, nur $\frac{3}{4}$ von seiner Geschwindigkeit und $\frac{15}{16}$ von seiner lebendigen Kraft verloren hat. Obgleich also das erste Meteor nicht so tief herabsteigt als das andere, so hat es dennoch Gelegenheit gefunden, etwa 21mal mehr an lebendiger Kraft zu verlieren, respective im Wärme umzusetzen, als das letztere. Hieraus ergibt sich der merkwürdige Schluss, dass die stärker leuchtenden Meteore durchschnittlich auch entfernter vom Erdboden sein müssen, und dieser Schluss wird durch die Beobachtungen so gut bestätigt, dass er in der That eine Schwierigkeit hinwegräumt, die man bis jetzt nur durch einen Mangel an Genauigkeit der Höhenmessungen der Sternschnuppen bewältigen zu können meinte. Die genaue Bestimmung der in Folge des Luftwiderstandes entwickelten Wärme ist aus dem Grunde nicht möglich, weil man nicht weiss, ob die ganze umgesetzte mechanische Kraft sich in Wärme verwandelt

und ferner, wie viel von letzterer zur Erhitzung des Meteors verbraucht wird. Immerhin darf man schliessen, dass die Temperatur an der Oberfläche eines Meteoriten mehrere Tausend Grade erreichen kann, und für eine Schmelzung dieser Oberfläche völlig ausreicht. Die Temperatur erreicht ihren höchsten Grad gleich nach dem Eintritte des Körpers in die Atmosphäre und ihre Intensität hängt unter übrigens gleichen Umständen weder von dem Durchmesser oder der Dichte, noch von der Richtung der Bahn des Meteors, sondern lediglich von der Geschwindigkeit desselben ab, im Augenblicke, als es in die Atmosphäre trat. Die Thatsache, dass in Folge der starken Erhitzung des meteorischen Körpers in der Atmosphäre, doch nur eine äusserst dünne Schicht an der Oberfläche desselben geschmolzen wird, erklärt die niedrige Temperatur der auf den Erdboden stürzenden Meteorite hinlänglich, aber sie erscheint nicht geeignet, Rechenschaft von dem Umstande zu geben, dass die meisten Meteore sich vollständig in der Atmosphäre auflösen.

Schiaparelli weist, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, darauf hin, dass, wenn die plötzlich erzeugte Temperatur höher ist, als die Schmelztemperatur, alsdann die ganze Masse, sie mag gross oder klein sein, sich gleichzeitig auflösen müsse. Unter solchen Annahmen könnten nur diejenigen Meteormassen zur Erde kommen, bei welchen die kosmische Geschwindigkeit nur nach und nach verschwindet, oder die als Begleiter grösserer Massen, während des Herabfallens den hinter letzteren erzeugten leeren Raum einnehmen, oder endlich diejenigen, welche in fast horizontaler Richtung in die Atmosphäre dringen, sehr lange Bahnen beschreiben, und nur nach und nach aufgehalten werden. Uebrigens braucht man nicht anzunehmen, dass alle Sternschnuppen sich in der Luft in der

gleichen Weise und aus gleicher Ursache auflösen. Denn dass unter den Meteoren selbst eine nicht geringe Verschiedenheit in der eigentlichen Natur (der chemischen Zusammensetzung) stattfindet, scheint durch die Beobachtungen über Farbe, Grösse und Schweife derselben hinlänglich bewiesen zu sein.

Gehen wir nun dazu über, die allgemeinen Merkmale der Bewegung der Meteore im Raume zu untersuchen. Wir finden zuerst, dass diese Bewegung eine äusserst schnelle ist und daher die Genauigkeit der Beobachtung empfindlich beeinträchtigt erscheint. Zu gewissen Zeiten des Jahres, besonders in einigen Nächten des August und November, dann auch in gewissen Jahren, ist die Zahl der auftauchenden Meteore so bedeutend, dass sie den Anblick eines feurigen Regens darbieten und in der That auch von den Geschichtsschreibern ähnlich bezeichnet worden sind. Es ergibt sich hieraus, dass diese kleinen kosmischen Körper nicht planlos durch den Raum schweifen, sondern gewissen Anordnungen unterliegen in Bezug auf ihre Anzahl und Bewegung. Im Allgemeinen ist die Wiederkehr der grösseren Häufigkeit der Meteore an eine jährliche Periode gebunden, und fällt zusammen mit bestimmten Positionen der Erde in ihrer Bahn. Doch zeigen sich in einigen Fällen langsame Verspätungen im Eintreffen des Maximums der Häufigkeit. So ist z. B. das Datum der Novembersternschnuppen in 100 Jahren um etwa 3 Tage weiter fortgerückt und die genauere Untersuchung zeigt, dass die Hälfte dieses Fortrückens von einer Bewegung desjenigen Punktes herrühren muss, in welchem die Erde alljährlich dem Sternschnuppenschauer begegnet. Auch die Intensität der jährlichen Wiederkehr ist bei gewissen Sternschnuppen-Erscheinungen

an eine bestimmte Periode geknüpft, die z. B. für die Novembermeteore 33 Jahre beträgt.

Eine merkwürdige, 1833 zuerst erkannte Thatsache ist die sogenannte Radiation vieler Meteore. Sie besteht darin, dass bei grossen Meteorschauern die meisten Bahnen, nach rückwärts verlängert, in einem Punkte oder einer kleinen Fläche des Himmelsgewölbes zusammen treffen, die Meteore also von hier ausstrahlen. Dieser Punkt, der Radiant (Radiationspunkt) erscheint für die gleiche Zeit allen Beobachtern an der gleichen Stelle des Himmels, er hat keine Parallaxe. Er kann also nicht in der Atmosphäre liegen und ebensowenig nahe bei der Erde. Uebrigens ist die ganze Erscheinung nur eine Wirkung der Projection, indem die einzelnen Meteorbahnen nahe parallel liegen. Die Lage der Radiationspunkte ist für bestimmte Meteorschauer charakteristisch. Die Meteore des August strahlen aus einem Punkte des Perseus, jene des November aus dem Löwen aus, weshalb jene auch Perseiden, diese Leoniden genannt werden. Die ersten genauen Bestimmungen einer Anzahl von Radiationspunkten gab 1849 Heis, später, 1864, vervollständigte er sein Verzeichniss und leitete zuletzt aus den Beobachtungen von Neumayer fernere 39 Radianten der südlichen Himmelshälfte ab. Die einzelnen Daten habe ich im 1. Bande meines Handbuches der Himmelsbeschreibung*) mitgetheilt. Auch Robert Greg und Alexander Herschel haben eine Anzahl von Radianten bestimmt, doch sind diese Bestimmungen weniger sicher, als die Heis'schen. Dagegen hat Julius Schmidt durch Ableitung von 150 neuen Radianten, welche fast alle den sechs letzten Monaten des Jahres angehören, die Wissenschaft wesentlich bereichert.

*) Braunschweig 1871.

Eine merkwürdige und erst unlängst erkannte Thatsache ist die, dass die Radianten sich gruppenweise in verschiedenen Himmelsregionen ansammeln und die Epochen der derselben Gruppe angehörenden Sternschnuppenschauer nicht viel von einander abweichen und sich meist über einige Wochen hin ausdehnen. Es scheint hiernach, dass gewisse Radianten einem gemeinsamen Systeme angehören, indem die erwähnte Gleichzeitigkeit nicht wohl als Wirkung des Zufalls gedacht werden kann.

Seit dem Jahre 1833 und seinem glänzenden Sternschnuppenregen sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden, um die Einzelheiten der Meteorphänomene genetisch zu erklären; allein die Schwierigkeit des Gegenstandes hat bis fast zur Gegenwart herab aller Anstrengungen gespottet. Erst durch Umkehrung des gewöhnlichen Verfahrens der wissenschaftlichen Induction, durch hypothetische Voraussetzungen und nachherige Prüfung der daraus folgenden Consequenzen an den Beobachtungen selbst, ist es gelungen, endlich annehmbare Resultate zu erlangen. Schiaparelli fand auf diese Weise, dass die von den Sternschnuppen im Raume beschriebenen Bahnen die grösste Aehnlichkeit mit den Kometenbahnen besitzen, dass ihre absolute Geschwindigkeit, sobald sie die irdische Atmosphäre erreichen, im Allgemeinen sehr nahe gleich der einer parabolischen Bewegung entsprechenden Geschwindigkeit ist, endlich, dass gewisse Kometen gewissen Meteorschauern beigesellt erscheinen, indem beide identische Bahnen beschreiben, und schliesslich, dass die Sternschnuppen sehr wahrscheinlich das Product der Zerstreuung von Kometenmaterie sind. Andeutungen, welche mit diesen überraschenden Ergebnissen eine mehr oder weniger entfernte Aehnlichkeit haben, finden sich früher bei Cardanus, Maskelyne, Chladni und besonders bei v. Reichen-

bach und Daniel Kirkwood. Doch sind dies alles nur Vermuthungen, die durch keine genaueren Untersuchungen gestützt werden konnten.

Die ersten wichtigen Fortschritte auf dem Gebiete der Meteorastronomie wurden angebahnt durch Coulvier Gravier's Entdeckung der stündlichen Variation in der Anzahl der Sternschnuppen. Dieser Beobachter fand das schon von Herrick 1838 geahnte und später von Schmidt bestätigte Resultat, dass die meisten Sternschnuppen um 6 Uhr Morgens sichtbar werden und zwar für jeden Beobachtungsort, so dass ein Unterschied der Längendifferenz nicht hervortritt. Die nachstehende Tabelle zeigt die mittleren jährlichen Resultate für die stündliche Häufigkeit der Meteore.

Astronomische Stunden	Coulvier-Gravier		J. Schmidt 2840 Stunden
	1. Beobachtgs.-Reihe (1841—45)	2. Beob.-Reihe (12 Jahre)	
5 bis 6 Uhr	—	7,2 Meteore	4,17 Meteore
6 „ 7 „	3,3 Meteore	6,5 „	5,33 „
7 „ 8 „	3,5 „	7,0 „	5,72 „
8 „ 9 „	3,7 „	6,3 „	6,67 „
9 „ 10 „	4,0 „	7,9 „	7,88 „
10 „ 11 „	4,5 „	8,0 „	9,53 „
11 „ 12 „	5,0 „	9,5 „	11,58 „
12 „ 13 „	5,8 „	10,7 „	14,07 „
13 „ 14 „	6,4 „	13,1 „	16,32 „
14 „ 15 „	7,1 „	16,8 „	17,91 „
15 „ 16 „	7,6 „	15,6 „	18,21 „
16 „ 17 „	8,0 „	13,8 „	18,75 „
17 „ 18 „	8,2 „	13,7 „	14,92 „
18 „ 19 „	— „	13,0 „	— „

Auch in Bezug auf die Cardinalpunkte des Horizonts, auf die Weltgegenden, fand Coulvier-Gravier eine ungleiche Vertheilung der Sternschnuppen; die aus Ost

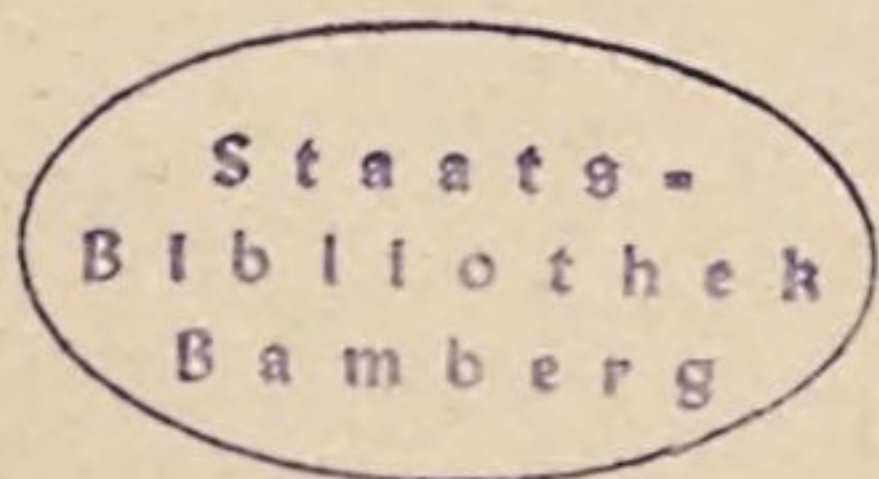
kommenden Meteore waren stets die zahlreichsten, während West die wenigsten, Nord und Süd eine mittlere Zahl von Sternschnuppen aufweisen. Der unermüdliche Schmidt prüfte auch diese Resultate und fand sie bestätigt.

Diesen Ergebnissen, als Resultaten der reinen Beobachtung, muss sich offenbar jede Theorie der Sternschnuppen anbequemen, wenn sie Anspruch auf Zulässigkeit machen will. Aber gerade hier zeigten sich die grössten Schwierigkeiten für die kosmische Theorie der Meteore. Freilich hatte schon Brandes 1827 vermuthet, dass eine stündliche Veränderung der Häufigkeit der Meteore existire und dieselbe mit Recht als einen Beweis für die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne betrachtet, allein man hatte diesem Gedanken keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt, und erst später wurde derselbe durch die vereinigten Arbeiten von Herrick, Bompas, Alex. Herschel und Prof. Newton weiter ausgeführt und klargestellt, und schliesslich von Schiaparelli bis in die entlegensten Consequenzen verfolgt.

Um den Einfluss der Erdbewegung auf die Häufigkeit der Meteore zu erkennen, will ich von der Annahme ausgehen, unsere Erde stände im Weltraume absolut stille, während sie von Meteoren in gleicher Menge allseits umgeben ist. In diesem Falle wäre unser Planet gewissermassen in eine Wolke von Sternschnuppen eingehüllt, und jeder Ort der Oberfläche würde gleichmässig von ihnen getroffen. Dasselbe würde auch noch stattfinden, wenn sich die Erde um ihre Axe drehte. Lassen wir nun aber den Erdmittelpunkt sich mit einer sehr viel grössern Geschwindigkeit durch den Raum bewegen, als dies bei den Meteoren der Fall ist, so würde offenbar nur diejenige Hemisphäre von Meteoren getroffen werden können, welche in der Richtung liegt, nach welcher hin die Erde sich fort-

bewegt. Nennt man mit Schiaparelli den Punkt, in welchem die verlängerte Richtung dieser Bewegung das Himmelsgewölbe trifft, den Apex, so ist leicht einzusehen, dass unter den angenommenen Verhältnissen für jeden Punkt der Erdoberfläche nur dann Sternschnuppen sichtbar sein können, wenn der Apex über dem Horizonte dieses Ortes ist. Wenn die Bewegung der Erde durch den Raum nicht sehr viel mal grösser ist, als jene der Meteore, sondern vielleicht selbst noch geringer, so werden Sternschnuppen zu jeder Zeit sichtbar sein können, aber ihre grösste Anzahl für jeden Ort doch immer dann erreichen, wenn der Apex am höchsten über dem Horizonte, also im Meridian steht oder culminirt. Man sieht leicht ein, dass das Verhältniss der Geschwindigkeit der Erde zur mittlern Geschwindigkeit der Sternschnuppen, das Verhältniss der Häufigkeit der letzteren in den verschiedenen Stunden der Nacht bedingt. Hat man nun dieses letztere durch Beobachtungen bestimmt, so kann man das erstere berechnen. Diese Rechnung hat Schiaparelli im Jahre 1866 durchgeführt und gefunden, dass die mittlere Geschwindigkeit der Sternschnuppen 1,447mal grösser als jene der Erde, also sehr wenig verschieden von der parabolischen ist.

Wenn sich die Erde in einer kreisförmigen Bahn um die Sonne bewegte, so würde der Ort des Apex am Himmelsgewölbe stets genau 90° westlich vom Orte der Sonne auf der Ekliptik liegen, also für jeden Ort gegen 6 Uhr Morgens über dem Horizonte im Meridian stehen. Die Bahn der Erde weicht um einen geringen Betrag vom Kreise ab, daher bleibt der Apex nicht immer 90° westlich von der Sonne, sondern sein Abstand variirt im Laufe des Jahres zwischen $89^{\circ} 2'$ und $90^{\circ} 58'$. Man kann den Apex gewissermassen als die meteorische Sonne betrachten und findet leicht, dass der Aufgang dieser



meteorischen Sonne den Stunden um Mitternacht herum entspricht, der Untergang aber in unseren Breiten stets am Tage sich ereignet. Der tiefste Stand der meteorischen Sonne findet um 6 Uhr Abends statt (untere Culmination). Im Sommer kann sonach keine der beiden Culminationen des Apex beobachtet werden, weil es um 6 Uhr Morgens und um 6 Uhr Abends noch hell ist; im Winter kann man beide beobachten. Die meteorische Sonne (also eben der Apex) hat die grösste nördliche Declination zur Zeit des Herbstäquinociums, die grösste südliche zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche, in den Solstitien ist; ihre Declination gleich Null. Vom Sommersolstitium bis zu demjenigen des Winters befindet sie sich also in nördlichen Parallelkreisen und erreicht bei der Culmination eine grössere Höhe über dem Horizonte als in den Monaten zwischen dem Winter- und Sommersolstitium. Hieraus muss nothwendig eine jährliche Variation der Häufigkeit der Meteore folgen, d. h., es werden in dem erstern Zeitraume mehr Meteore sichtbar sein müssen als in dem letztern. Dies findet in der That statt, wie die folgende Tafel der Beobachtungen zeigt.

Monat	Coulvier- Gravier (1841—1845)	Jul. Schmidt (8 Jahre)	Rud. Wolf (12 Jahre)	Jul. Schmidt (27 Jahre)
Januar	3,6	3,4	5,5	13,07
Februar	3,6	—	5,4	6,42
März	2,7	4,9	5,2	10,70
April	3,7	2,4	4,6	11,64
Mai	3,8	3,9	4,1	8,72
Juni	3,2	5,3	5,4	9,40
Juli	7,0	4,5	9,8	18,27
August	8,5	5,3	12,9	24,97
Septemb.	6,8	4,7	7,4	11,73
October	9,1	4,5	6,4	18,07
Novemb.	9,5	5,3	5,0	16,64
Decemb.	7,2	4,0	4,1	17,96

Die meteorische Sonne steht um 6 Uhr früh über dem Horizonte im Meridian, von diesem Momente an bis zu ihrem untern Meridiandurchgange um 6 Uhr Abends befindet sie sich beständig auf der westlichen Halbkugel des Himmels; deshalb muss am Tage die vorherrschende Richtung der Sternschnuppen eine westliche sein. Während der Nacht befindet sich die meteorische Sonne hingegen stets auf der östlichen Hälfte des Himmels, daher muss der Beobachter um diese Zeit die meisten Meteore aus östlicher Richtung herkommen sehen, was durchaus mit den Beobachtungen übereinstimmt. „Man kann sonach“, sagt Schiaparelli, „mittelt des Principis von Brandes alle Einzelheiten der periodischen Variationen, wenigstens in Betreff des Gesetzes ihrer Ab- und Zunahme erklären, so dass diese Variationen, anstatt ein unüberwindliches Hinderniss gegen die kosmische Theorie der Meteore zu bilden, dieselbe vielmehr auf das Glänzendste bestätigen. Alle die entwickelten Umstände können, wie man bemerkt, selbst auch dann noch ihre Geltung besitzen, wenn man eine vollkommene Gleichförmigkeit für das Herabfallen der Sternschnuppen von allen Richtungen des Raumes her, nicht annehmen wollte.“ —

Der Nachweis der parabolischen Geschwindigkeit für die den Raum um die Erde durchlaufenden Meteore führte natürlicher Weise dazu, zu untersuchen, ob die Analogie zwischen den Bahnen der Sternschnuppen und Kometen nur darauf beschränkt sei, dass beide langgestreckte Kegelschnitte sind, oder ob sich dieselbe noch über mehrere Punkte ausdehne. In dieser Beziehung hatte schon früher Erman für die Perseiden eine sehr grosse Neigung der Bahn und letztlich Newton für die November-Meteore eine rückläufige Bewegung nachgewiesen; es ergab sich also, dass nicht nur in der Form,

sondern auch in der Lage der Bahnen, zwischen den Meteoren und den Kometen die grösste Aehnlichkeit bestehe. „So bot sich,“ sagt Schiaparelli, „naturgemäss die schon von Halley vermuthete Hypothese dar, dass die Sternschnuppen sowie die Kometen zu uns aus den Fixsternräumen kommen. Da die Sternschnuppen zu Systemen vereinigt zu uns gelangen, so war die Vorstellung, dass sie schon in den Tiefen des Raumes sich zu Systemen vereinten, und dass sie dort Anhäufungen von äusserst dünner Materie bilden, ebenfalls von der Natur geboten. Wenn man untersucht, welche Umbildungen eine solche Anhäufung bei ihrer Annäherung an das Sonnensystem erleiden muss, so erkennt man nicht ohne gerechtes Erstaunen, dass für jede sehr dünne, von der Sonne angezogene Wolke, möge sie aus continuirlicher Materie bestehen oder aus getrennten Theilchen, das Gesetz der Attraction mit Nothwendigkeit die Umbildung dieser Masse in einen dünnen und sehr langen Strom bestimmt, der nach einer Curve gekrümmt ist, welche in den uns benachbarten Räumen von einer Parabel wenig abweicht und im Allgemeinen sich einem sehr in die Länge gezogenen Kegelschnitte nähert. — Hierin glaubte ich den Schlüssel für die Bildung der nichtperiodischen Sternschnuppenströme gefunden zu haben. Eine ähnliche Theorie erklärt die Bildung der ringförmigen periodischen Ströme, als deren einen man den November-Strom bisher schon mit Grund vermuthen konnte. Eine kosmische Wolke, welche noch nicht in einen Strom sich aufgelöst hat, und deshalb relativ dichter ist, als die vorhergenannten, kann bei beträchtlicher Annäherung an einen der grösseren Planeten in eine Bahn von kurzer Periode und von kleiner Periheldistanz abgelenkt werden. Bei dem Durchgange durch das Perihel kann diese Wolke durch

die Verschiedenheit der Wirkung der Attraction der Sonne auf ihre verschiedenen Theile, oder durch die auflösende Kraft der Sonne zerstreut werden; die Wolke wird sich nach und nach zu einem Strome verlängern, der sich endlich schliesst und einen elliptischen Ring bildet. Diese Ideen waren nicht nur mit allen bis jetzt bekannten That- sachen, sondern auch mit den kosmogonischen Hypothesen von William Herschel und Laplace in vollkommener Uebereinstimmung. War es nicht äusserst wahrscheinlich, für die in den Himmelsräumen zerstreute Materie alle möglichen Grade der Concentration, der Dichtigkeit und der Zertheilung anzunehmen? Da ferner die starken Nei- gungen und die rückläufigen Bewegungen keine Wahr- scheinlichkeit zuliessen, die Entstehung der Sternschnuppen mit derjenigen der planetarischen Körper des Sonnen- systems in Zusammenhang zu bringen, war es alsdann nicht fast unvermeidlich, ihnen einen ähnlichen Ursprung wie den Kometen zuzuerkennen? Die Bildung der Ströme wurde hierdurch sehr leicht und natürlich erklärt. Die Beobachtungen von Coulvier-Gravier liessen eine grosse Wahrscheinlichkeit dafür erkennen, dass die Stern- schnuppenbahnen sehr langgestreckte Kegelschnitte sind. Endlich hatte Professor Höck kurz zuvor mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Möglichkeit hingewiesen, dass auch die Kometen aus den Tiefen des Himmels nicht als isolirte Massen zu uns gelangen, sondern als Glieder von zusammengesetzten Systemen, indem sie ebenfalls Ströme bilden, von zwar nicht identischer aber doch analoger Art wie die Sternschnuppenströme. Bei dem Stande der bis- herigen Meteorastronomie waren folglich die obigen Schlüsse von sehr grosser Wahrscheinlichkeit. Die so über die Bahnen und den wahrscheinlichen Ursprung der Stern- schnuppen erlangten Kenntnisse schienen nun von genü-

gender Solidität zu sein, um sie als Grundlage zu weiteren Untersuchungen zu benutzen.“

Nach diesen Ideen berechnete nun Schiaparelli die von den Sternschnuppen des 10. August beschriebene Parabel und nahm hierbei als Radiationspunkt derselben nach Alex. Herschel den Punkt des Himmels von 44 Grad Rectascension und 56 Grad nördlicher Declination an, so wie als Augenblick des Durchganges der Meteore durch die Ebene der Erdbahn im Jahre 1866 den 11. August Morgens 6 Uhr.

Es fanden sich auf diese Weise folgende

Elemente der Perseiden 1866

Durchgang durch das Perihel 1866	Juli 23,62
Länge des Perihels	343° 38'
Länge des aufsteigenden Knotens	138 16
Neigung der Bahn	64 3
Periheldistanz	0,9643
Umlaufszeit	108 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Die Dauer der Umlaufszeit bestimmte Schiaparelli aus einer Reihe von aussergewöhnlich glänzenden Erscheinungen der August-Meteore, die er den Katalogen von Quetelet und Ed. Biot entlehnte; doch ist diese Umlaufszeit sehr unsicher. Die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Perseiden der Erde begegnen, findet sich aus obigen Bahnelementen zu 8 deutschen Meilen, in bester Uebereinstimmung mit dem aus den Beobachtungen durch Alex. Herschel abgeleiteten Werthe von $7\frac{1}{2}$ Meilen.

Die Elemente des grossen Kometen (III), der im Sommer 1862 beobachtet wurde, sind nach Oppolzer:

Durchgang durch das Perihel 1862 August	22,9
Länge des Perihels	344° 41'
Länge des aufsteigenden Knotens	137 27
Neigung der Bahn	66 26
Periheldistanz	0,9626
Umlaufszeit	121,5 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Man sieht sofort, dass sich die beiden Elementensysteme nur um einen geringen Betrag von einander unterscheiden. Man kann diese Abweichungen mit Recht der geringern Genauigkeit beimessen, welche sich bei Bestimmung des Radiationspunktes und des Knotens der Perseus-Meteore nur angeben lässt. Ja, man darf füglich erstaunen, dass sich keine grösseren Unterschiede in den Elementen herausstellten. Die Abweichung in den Resultaten für die Umlaufszeit ist zwar beträchtlicher, aber deshalb ohne grosse Bedeutung, weil gerade dieses Element in beiden Bahnen nur unsicher zu erhalten ist.

Zu den vorstehenden Ergebnissen war Schiaparelli bereits gegen Ende November 1866 gelangt; er veröffentlichte dieselben im folgenden December und gab dabei gleichzeitig eine genäherte Bahn für die Novembermeteore, unter der Voraussetzung, dass sie eine Umlaufperiode von $33\frac{1}{4}$ Jahren besitzen und ihr Radiant am 13. November 1866 in 143° 12' Länge und 10° 16' nördlicher Breite sich befindet.

Diese Bahnelemente sind folgende:

Bahnelemente der Leoniden vom 13. November 1866.

Durchgang durch das Perihel 1866 Nov.	10,092
Länge des Perihels	56° 25'9
Länge des aufsteigenden Knotens	231 28,2
Neigung der Bahn	17 44,5
Periheldistanz	0,9873

Excentricität	0,9046
halbe grosse Axe	10,340
Umlaufszeit	33,25 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Merkwürdiger Weise fand sich auch hierzu sofort ein Komet, der in fast gleicher Bahn einhergeht. Der Komet I 1866 beschreibt nach der Berechnung von Oppolzer eine Bahn, welche durch folgende Elemente dargestellt wird:

Bahnelemente des Kometen I 1866.

Durchgang durch das Perihel 1866 Januar	11,160
Länge des Perihels	60° 28,0'
Länge des aufsteigenden Knotens	231 26,1
Neigung der Bahn	17 18,1
Periheldistanz	0,9765
Excentricität	0,9054
halbe grosse Axe	10,324
Umlaufszeit	33,176 Jahre
Bewegung	rückläufig.

Ein Zusammenfallen von zwei Meteorbahnen mit zwei Kometenbahnen kann auf keinen Fall dem Zufalle zugeschrieben werden und Sir John Herschel bemerkte deshalb mit Recht: „Diese Coincidenz ist so frappant, dass sie keinen Zweifel über die Gemeinsamkeit des Ursprungs der Kometen und Meteorströme mehr übrig lässt.“

Inzwischen hatte sich auch Leverrier mit den Meteoriten zu beschäftigen begonnen, und zwar hauptsächlich, um die Schwierigkeit hinwegzuräumen, welche nach der Entdeckung der rückläufigen Bewegung der Leoniden durch Prof. Newton, in der Annahme lag, dass diese eine fast kreisförmige Bahn in nur wenig verschiedenem Abstände als die Erde, um die Sonne beschreiben sollten. Eine derartige Annahme stand von vorneherein im Widerspruch

mit den kosmogonischen Theorien von William Herschel und Laplace. Leverrier wies in der Sitzung der Pariser Akademie vom 21. Januar 1867 nach, dass die Meteore des November nicht wohl als von gleichem Ursprunge mit den Planeten angesehen werden könnten, wie es aber vollkommen unmöglich sei, dass solche Massen, wenn sie von Aussen in das Sonnensystem eindringen, durch die Attraction der Planeten in eine Bahn von 1 oder 2 Jahren Umlaufszeit gelenkt würden. Vielmehr müsse man annehmen, dass die Meteore des November eine sehr excentrische Bahn beschreiben, in der sie sich nach kurzem Herabsteigen zur Sonne gegen die grossen, äusseren Planeten hin bewegen und etwa eine Umlaufszeit von $33\frac{1}{4}$ Jahren besitzen dürften. Als Bahnelemente des Meteorschwarmes der Leoniden fand Leverrier:

Länge des Perihels	42° 24'
Länge des aufsteigenden Knotens	231 18
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	14 41
Periheldistanz	0,98900
Excentricität	0,904354
halbe grosse Axe	10,34017
Umlaufszeit	33,25 Jahre
Bewegung	rückläufig

Man sieht unmittelbar, dass die von Leverrier angegebenen Bahnelemente fast gänzlich mit denjenigen übereinstimmen, welche für denselben Meteorschwarm Schiaparelli gefunden hat.

Leverrier ist der Ansicht, dass die Novembermeteore in ihre gegenwärtige Bahn durch eine energische störende Kraft geworfen wurden. „Zeichnet man“, sagte er, „die Bahnen des Schwarmes, so findet man, dass sie gegen die Grenze ihres obern Theiles der Uranusbahn begegnet, und wenn man die Stellung des Meteorschwarmes

und des Uranus für eine Reihe von Jahrhunderten rückwärts rechnet, so ergibt sich, dass im Jahre 126 n. Chr. sich der Meteorschwarm dem Uranus ganz bedeutend genähert hat. Es stellt sich zugleich heraus, dass die Anziehungskraft des Uranus stark genug ist, um in der Bahn und Constitution des Schwarms solche Veränderungen hervorzubringen, wie wir sie gegenwärtig bei den Novembermeteoren sehen. Der Einfluss des Uranus wird in ungleicher Weise die absolute Geschwindigkeit der Körperchen verändert haben, und da dieser Einfluss die Attraction der Gesamtmasse überstieg, so wird sich der Schwarm aufgelöst und ausgedehnt haben. Man dürfte sich füglich wundern, dass seit dem Momente, wo diese Vertheilung begann, dieselbe sich bis jetzt erst über einen kleinen Theil der Bahn ausgedehnt hat, wenn das Phänomen nicht noch ganz neu wäre. Dieser (mit Meteoren besetzte) Bogen aber wird sich ausdehnen, und der Ring zuletzt ganz fertig werden. Der Meteorschauer wird dann im Verlaufe der Zeit innerhalb einer grössern Anzahl nacheinander folgender Jahre erscheinen, aber die Intensität schwächer werden. Die Meteore des August erhalten eine ähnliche Erklärung, nur ist dieses Phänomen verhältnissmässig älter und der Ring hat Zeit genug, sich zu bilden.“

Schiaparelli bestreitet übrigens die Theorie, nach welcher es der Planet Uranus gewesen sei, der den Meteorschwarm in seine heutige Bahn warf. Nach seinen Rechnungen könnte man dies eher den beiden Planeten Jupiter und Saturn zuschreiben, doch macht der Mailänder Astronom darauf aufmerksam, dass man noch eine Rückkehr des Kometen von 1866 abwarten müsse, ehe man hoffen könne, entscheidende Resultate zu erlangen.

Die neuen Anschauungen über den Zusammenhang zwischen Kometen und Meteoren, zu welchen die Arbeiten

von Schiaparelli und Leverrier geleitet, haben das Interesse für diese Art von Untersuchungen wesentlich erweitert. Schon im Februar 1867 hatte Prof. Weiss bemerkt, dass einige Epochen im Jahre, die als besonders reich an Sternschnuppenerscheinungen bezeichnet sind, solchen Punkten entsprechen, in denen die Erdbahn von den Bahnen gewisser Kometen durchschnitten wird. Unter diesen sind es besonders die Kometen 1861 I und von Biela, deren Bahnen die der Erde in Punkten treffen, an welchen sich unser Planet am 20. April und 28. November befindet, d. h. an Tagen, welche sich durch zahlreiche Sternschnuppen auszeichnen. Nach Prof. Weiss ist es nicht unwahrscheinlich, dass auch der erste Komet von 1818 sich in einer, von der Bahn des Biela'schen wenig abweichenden Bahn und vielleicht zusammen mit dem von diesem hervorgebrachten Sternschnuppenschwarme, bewegt.

V.

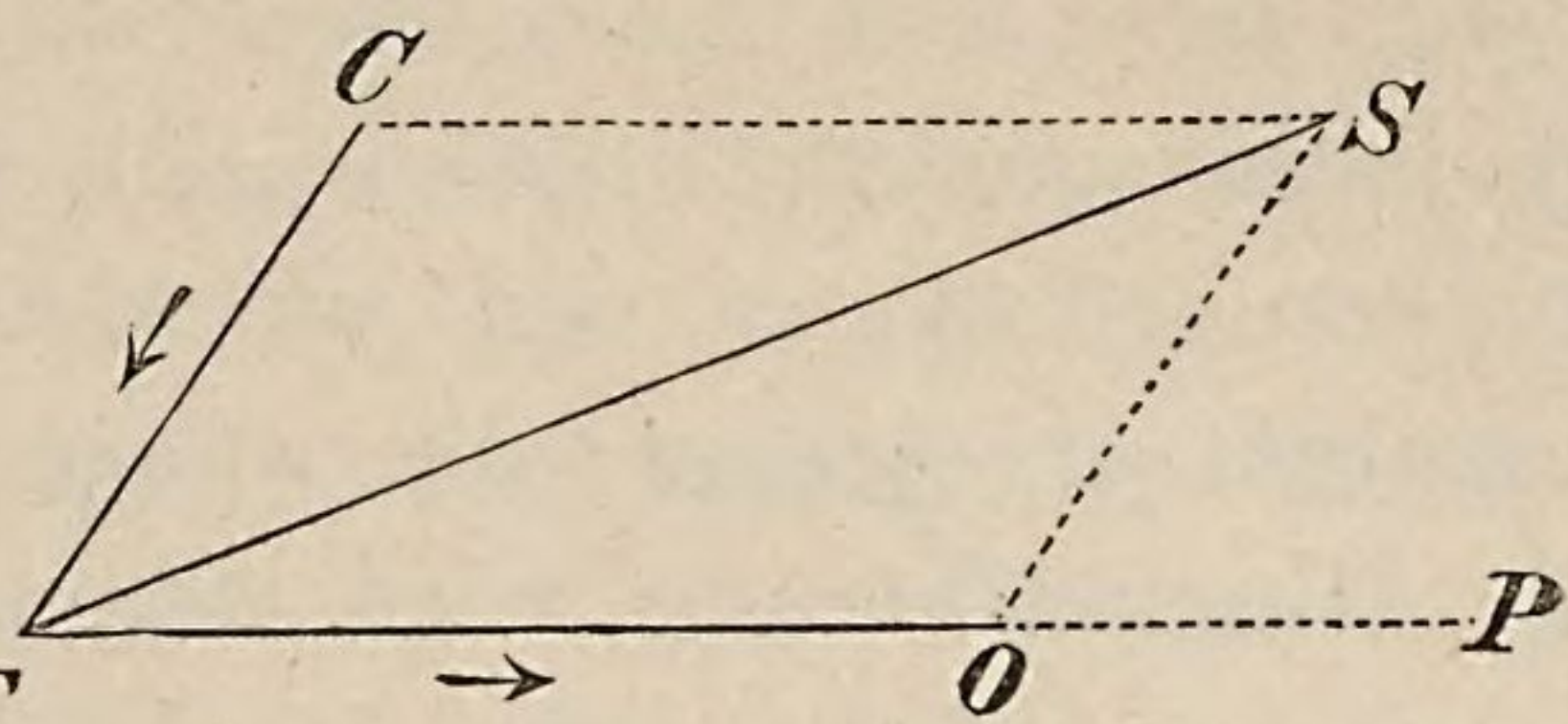
Die Sternschnuppen bewegen sich sämmtlich mit nahe gleich grosser Geschwindigkeit durch den Raum und diese ist in jedem Falle fast übereinstimmend mit der parabolischen. Nennt man v die Geschwindigkeit der Sternschnuppen, V diejenige der Erde, so hat man ohne grossen Fehler

$$v : V = 1,4142$$

Das gilt indess nicht für die sogenannten Boliden oder eigentlichen Feuerkugeln und die Aërolithe, welche letztere, wie sich sogleich herausstellen wird, in hyperbolischen Bahnen laufen.

Bei Betrachtung der Richtung und Bewegung der Meteore muss man sorgfältig zwischen den wahren und der scheinbaren unterscheiden. Denn da die Erde, von der aus wir die Meteore beobachten, nicht im Raume stillsteht, sondern sich in einer nahe kreisförmigen Bahn um die Sonne bewegt, so wird hierdurch eine Veränderung der Richtung wie Bewegung der Sternschnuppen hervorgebracht, welche man durch Construction des aus der Mechanik bekannten Parallelogramms der Kräfte leicht finden kann.

Es bezeichne in nebenstehender Figur TO die Richtung und Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, T die wahre Richtung und Geschwindigkeit einer Sternschnuppe, so wird durch das Zusammenwirken der beiden Bewegungen eine scheinbare Bewegung des Meteors hervorgebracht, welche nach Richtung und Grösse sich durch die Diagonale ST des aus CT und TO construirten Parallelogramms ausdrückt. Das Meteor scheint demnach aus der Richtung TS zu kommen, während es in Wirklichkeit aus der Richtung CT kommt und es ist $\sphericalangle CTO$ die wahre Elongation des Radiationspunktes und Sternschnuppenschwarmes vom Apex P , während $\sphericalangle STO$ die scheinbare Elongation bezeichnet, die also in der That beobachtet wird.



Die grösste relative Geschwindigkeit müssen diejenigen Meteore besitzen, welche der Erde gerade entgegenkommen, deren scheinbare (und wahre) Elongation vom Apex daher gleich Null Grad ist. Nimmt man die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn zur Einheit, so ist demnach die Geschwindigkeit dieser Meteore gleich $1,4142 + 1$ also gleich $2,414$. Die geringste Geschwindigkeit besitzen die Meteore, deren scheinbare (und wahre) Elongation vom Apex 180° beträgt; so ist gleich $1,414 - 1$ d. h. gleich $0,414$. In Metern ausgedrückt sind demnach die äussersten Grenzen, zwischen denen die Geschwindigkeit der Sternschnuppen variirt, resp. 70642 und 12120 Meter, beide verhalten sich demnach zu einander wie $5,82 : 1$.

Schon aus der obigen Zeichnung ergibt sich, dass die scheinbare Elongation eines Radianten vom Apex stets kleiner ist, als die wahre, dass also die Wirkung der Erd-

bewegung auf die Radiationspunkte wesentlich darin besteht, diese dem Apex näher zu bringen. Die beobachteten Radiationspunkte müssen sich also um den Apex herum sammendrängen und um den Anti-Apex herum mehr zerstreut erscheinen; die wahre Vertheilung der Radianten am Himmelskörper wird demnach auch von der scheinbaren verschieden sein. Die Dichtigkeit derselben wird ein Maximum beim Apex haben, und hier nahe dreimal grösser sein als die wahre, während beim Anti-Apex die scheinbare Dichte der Radiationspunkte fast 12mal geringer ist als die wahre, und diese Ungleichheit wird noch für ziemlich beträchtliche Entfernungen vom Apex und Anti-Apex nicht viel geringer. Wenn man durch einen grössten Kreis, dessen Pole der Apex und der Anti-Apex sind, den Himmel in zwei Halbkugeln theilt, so liegen auf der Seite des Apex 5,82mal mehr Radianten als auf der andern Hemisphäre. Wird um den Apex in $54^{\circ} 44'$ Abstand ein Kreis beschrieben, so umfasst derselbe 0,2113 der ganzen Kugelfläche, aber er enthält trotzdem die Hälfte aller Radianten. Hieraus folgt unmittelbar, dass die Anzahl der einem Beobachter zugleich sichtbaren Radiationspunkte, von der Höhe des Apex über dem Horizonte abhängt. Da nun der Apex um 6 Uhr Morgens im obern Meridian steht und seine Culmination unter dem Horizonte um 6 Uhr Abends stattfindet, so wird man im Allgemeinen in den Morgenstunden mehr Radiationspunkte sehen, als Abends. Eine genauere Untersuchung mit Berücksichtigung des Einflusses der Dämmerung hat Schiaparelli das Resultat ergeben, dass das Verhältniss der grössten und kleinsten Häufigkeit der Radianten leicht in unseren Klimaten das der Zahlen 4 : 1 erreichen kann. Wären unsere Kenntnisse der Radiationspunkte der Meteore vollständiger, als sie in der That sind, so liesse sich aus der scheinbaren

Dichte die wahre ableiten, d. h. die Menge der Ströme, welche in einem gegebenen Augenblicke aus einer gegebenen Richtung des Raumes gegen die Erde herabstürzen, und wir würden möglicherweise im Stande sein, das Gesetz zu bestimmen, nach welchem die Richtungen der Meteorströme vertheilt sind. Indess sind die desfallsigen Beobachtungsergebnisse selbst für die nördliche Hemisphäre des Himmels noch äusserst lückenhaft. Die vorzüglichsten Kataloge, jene von Heis und Greg, basiren auf Abendbeobachtungen, also solchen, wo der Apex nahe seiner untern Conjunction ist, so dass also die meisten Radianten sicher noch unbekannt sind. Zezioli in Bergamo hat zwar auf Veranlassung von Schiaparelli in den Jahren 1867 bis 1869 zahlreiche Notirungen von Sternschnuppenbahnen unter Beobachtung grosser Gleichförmigkeit in den Jahreszeiten und den Nachtstunden angestellt, allein die Resultate derselben sind doch nur sehr fragmentarisch, theils wegen der Kürze der Zeit, theils wegen schlechter Witterung und Mondschein, theils weil ein Beobachter stets nur eine beschränkte Anzahl unter den auftauchenden Meteoren wahrzunehmen vermag. Nichtsdestoweniger hat Schiaparelli aus diesen Beobachtungen die Positionen von 189 Radianten ableiten können, und findet aus einer eingehenden Untersuchung, „dass die Zahl der meteorischen Radiationen, welche aus den Beobachtungen einer einzigen Nacht leicht zu bestimmen sind, sehr wahrscheinlich für den ganzen Himmel 1000 übersteigt.“ Schiaparelli hat gleichzeitig nach einem graphischen Verfahren für die den einzelnen Meteorströmen entsprechenden Radianten näherungsweise Bahnelemente abgeleitet. Aus diesem Cataloge führe ich Ihnen einige wenige der interessanteren Ströme an.

Nr. 54.

April 13. Radiant: Rectasc. 231° ; Dekl. $+ 27^{\circ}$. Wahre

Elongation vom Apex 123° . Bewegung: Direct. Neigung der Bahn 48° ; Länge d. aufst. Knotens 24° ; Länge des Perihels 276° ; Periheldistanz 0,655. Diese parabolischen Elemente haben, mit Ausnahme der Periheldistanz eine grosse Aehnlichkeit mit denjenigen des Kometen I 1847.

Nr. 63.

April 25. Radiant: Rectasc. 260° ; Decl. $+ 24^{\circ}$. Folgendes ist die Nebeneinanderstellung der Bahnelemente dieses Stromes mit denjenigen des Kometen II 1784, nach der Berechnung von Bessel. Die Bahn des Kometen ist aus nur 3 unvollkommenen Beobachtungen Klinkenbergs hergeleitet.

	Strom vom 25. April.	Komet II 1784
Länge des Perihels	285°	$278,8^{\circ}$
Länge des aufst. Knotens	35	33,1
Neigung der Bahn	79	67,1
Periheldistanz	0,571	0,625
Richtung der Bewegung	direct	direct.

Nr. 118.

Dieser Radiant ist bemerkenswerth dadurch, dass er nur 50° von der Sonne entfernt ist. Er ist thätig am 28. Juli in 174° Rectasc. und 55° nördl. Declin.; seine wahre Elongation vom Apex beträgt 147° . Schon Weiss und Julius Schmidt haben eine Analogie zwischen der Bahn dieses Sternschnuppenstromes und derjenigen des Kometen II 1737 vermuthet. Zezioli's Beobachtungen scheinen dies zu bestätigen. Stellt man beide Bahnen neben einander, so hat man:

	Strom vom 28. Juli.	Komet II 1737.
Länge des Perihels	262°	$262,6^{\circ}$
Länge des aufst. Knotens	125	123,9
Neigung der Bahn	27	39,3

Periheldistanz	0,866	0,867
Richtung der Bewegung	direct	direct.

Nr. 139.

Radiation der Perseiden des 10. August in 43° Rectasc., 57° nördl. Decl. und 67° wahrer Elongation vom Apex. „In Positionen“, sagt Schiaparelli, „welche diesem Radianten sehr nahe sind, und an den der Epoche des 10. August benachbarten Tagen, zeigt sich eine grosse Anzahl von parasitischen Radiationen, welche mit der Hauptradiation ein und dasselbe System bilden.“

Nr. 140.

Strom vom 10. August. Aus 47° Rectasc. und 18° nördl. Declin., bei 5° wahrer Elongation vom Apex, unter allen diesem am nächsten. „Die Position“, sagt Schiaparelli, „weicht nicht viel von dem Radiationspunkte des Kometen II 1862 ab, welcher von Prof. Weiss bei 47° Rect. und 13° n. Decl. angegeben ist. Diese Coincidenz hat aber geringe Bedeutung, weil unser Radiant für den 10. August gilt, der des Kometen aber für den 19. August; hieraus folgt, dass die Elemente der Bahnen nur eine unvollkommene Aehnlichkeit haben.“

	Meteore des 10. August.	Komet II 1862.
Länge des Perihels	324°	$299,3^{\circ}$
Länge des aufst. Knotens	318	326,5
Neigung der Bahn	3	7,9
Periheldistanz	0,997	0,981
Richtung der Bewegung	rückläufig.	rückläufig.

Nr. 143.

Strom vom 11. August, aus 90° nördl. Decl. bei 116° wahrer Elongation vom Apex. Heis setzt diesen Radianten in 345° Rectasc. und 85° nördl. Decl. und Prof. Weiss findet unter dieser Annahme, dass die Bahn dieses Stromes mit derjenigen des Kometen III 1853 überein-

stimmt, ausgenommen in der Periheldistanz. Zezioli's Position, die mit derjenigen von Greg übereinstimmt, gibt keine so grosse Aehnlichkeit der Bahnen. Folgendes ist eine Zusammenstellung der Bahnelemente:

	Strom Nr. 143. (11. August)	Strom Nr. 135. (5. Aug.)	Radiant v. Heis (Bahn v. Weiss)	Komet III 1853 (Bahn v. Krah)
Länge d. Perihels	289 ⁰	301 ⁰	317,7 ⁰	310,9 ⁰
„ d. aufst. Knot.	139	133	138,4	140,5
Neigung d. Bahn	63	64	64,4	61,5
Periheldistanz	0,933	0,989	1,013	0,307
Bewegung	direct	direct	direct	direct.

Nr. 155.

Radiation von Sternschnuppen, die am 12. October 1868 von Zezioli beobachtet wurden. Der sehr sicher bestimmte Radiant ist in 53⁰ Rect., 27⁰ nördl. Decl. und 86⁰ wahrer Elongation vom Apex. Diese Sternschnuppen kommen fast genau in der Verlängerung des Radius Vectors der Erde auf diese herab, und diejenigen, welche nicht die Erde treffen, fallen fast in gerader Linie zur Sonne, da die Periheldistanz nur 0,024 beträgt.

Nr. 176.

Strom vom 30. November aus 17⁰ Rectasc. und 48⁰ nördl. Decl., bei 155⁰ wahrer Elongation vom Apex. Die parabolischen Elemente dieses Stromes zeigen eine grosse Aehnlichkeit mit denjenigen des Biela'schen Kometen. Schiaparelli hat daher auch elliptische Elemente abgeleitet, sie sind nebst denjenigen von Biela's Kometen folgende:

	Strom v. 30. Novbr.	Biela's Komet 1852.
Länge des Perihels	103 ⁰	109,1 ⁰
„ des aufst. Knotens	248	245,8
Neigung der Bahn	15	12,6

Periheldistanz	0,918	0,860
Excentricität	0,940	0,756
Bewegung	direct	direct.

Die Differenzen zwischen beiden Bahnen erscheinen, wie Schiaparelli hervorhebt, der Art, dass sie der Unsicherheit in der Position des Radianten wohl zuzuschreiben sind. Auch ist bei der Rechnung die Anziehung der Erde nicht berücksichtigt worden, die allerdings den Radiationspunkt nur wenig verrücken konnte, da dieser während der Beobachtungen in der Nähe des Zeniths war. „Es ist jetzt erwiesen“, bemerkt Schiaparelli, „dass die Sternschnuppen dieses Radianten in der Bewegung des Knotens dem Biela'schen Kometen folgen, die Beziehung dieser Meteore zu dem Kometen, welche von Prof. d'Arrest vermuthet, und von Prof. Weiss so schön erläutert worden ist, erlangt aus den Beobachtungen von Zezioli eine fast vollständige Gewissheit.“ — —

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Einwirkung, welche die Attraction der Erde auf das Fallen der Sternschnuppen ausübt.

Unter der hier gestatteten Voraussetzung, dass der Bogen der Erdbahn und der ungestörten Meteorbahn für die in Rede kommende Ausdehnung als gerade Linien angesehen werden und die durch die Sonne ausgeübte Störung vernachlässigt werden kann, findet Schiaparelli für die beschleunigte Geschwindigkeit w der Meteorbewegung den einfachen Ausdruck

$$w^2 = u^2 + 2gr.$$

Hier bezeichnet u die nicht gestörte relative Geschwindigkeit des Meteors, r den mittleren Erdradius = 6364550 Meter und g die Schwere an der Erdoberfläche = 9,8

Meter. Setzt man diese Werthe in die Formel ein, so hat man

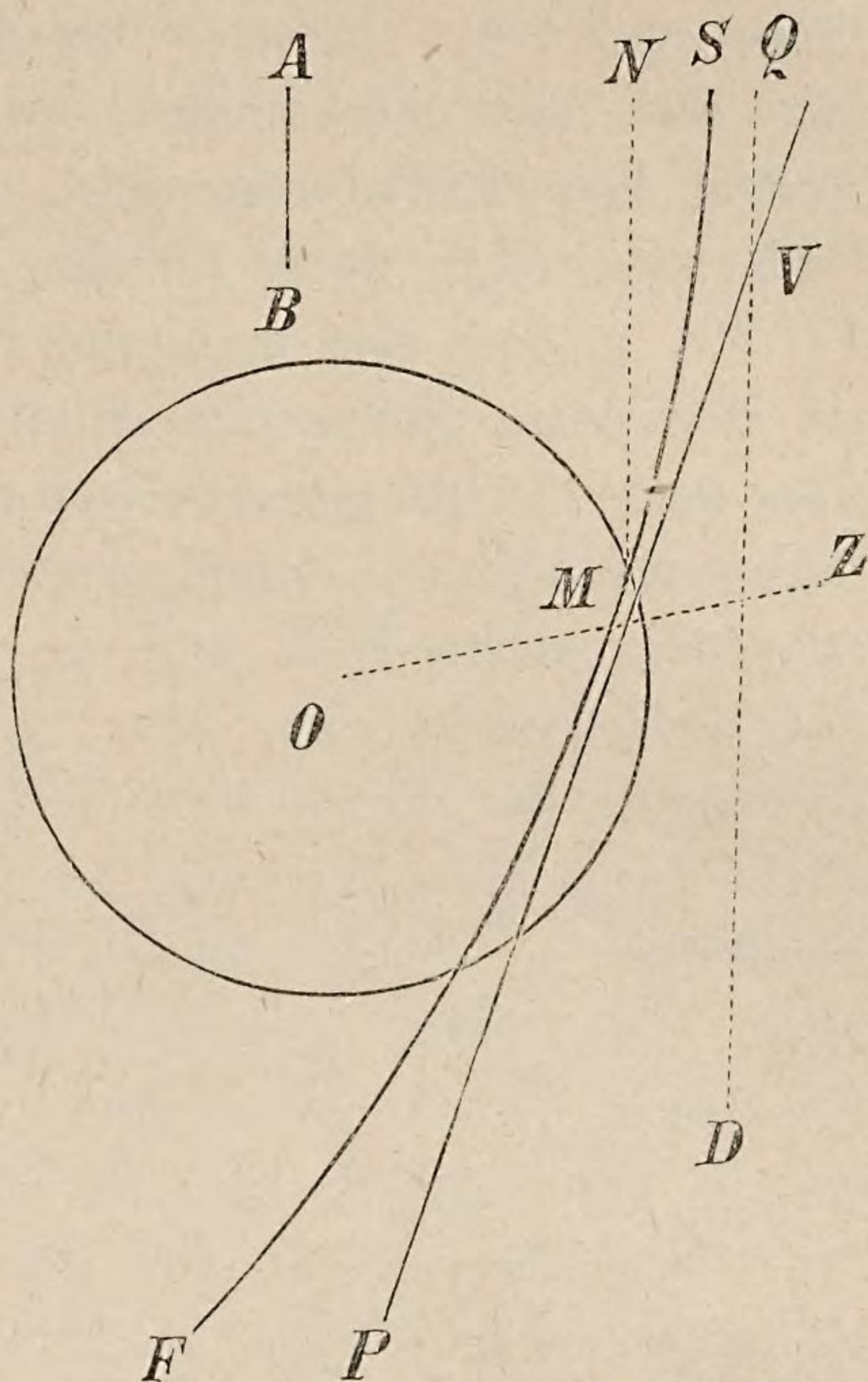
$$w^2 = u^2 + 124745180$$

und die Zahl rechts drückt aus, um wie viel das Quadrat der relativen Geschwindigkeit vermöge der Erdanziehung wächst. Berechnet man diese Beschleunigung für die beiden äussersten relativen Geschwindigkeiten der Meteore, die ich oben zu 70642 und 2120 Meter in der Secunde angegeben habe, so ergibt sich, dass in Folge der Erdanziehung die grösste Geschwindigkeit eines Meteors auf 71520, die kleinste auf 16482 Meter anwachsen kann. Die Zunahme beträgt also im ersten Falle 878, im letzteren 4362 Meter. Sie sehen hieraus, dass eine Wirkung der Erdanziehung darin besteht, die Ungleichheit zwischen den grössten und kleinsten relativen Geschwindigkeiten zu vermindern.

Um den Einfluss der Erdattraction auf die Krümmung der Bahn der Meteore zu erkennen, wollen wir mit Schiaparelli die Wirkung der Sonne und des Mondes ausser Acht lassen und die Erde als stillstehend annehmen. Die relative Bewegung der Sternschnuppe wird nun in einem Kegelschnitte vor sich gehen, welcher den Erdmittelpunkt im Brennpunkte hat, die Ebene dieser Bahn wird durch diesen Mittelpunkt und durch die gerade Linie gehen, welche die Richtung und Lage der relativen Bewegung darstellt, die stattfinden würde, wenn die Erde keine Anziehung ausübte; zuletzt will ich noch bemerken, dass die relative Bahn eine Hyperbel sein wird.

Stellt nun in umstehender Figur *O* den Erdmittelpunkt vor, und bezeichnet *AB* die Richtung, welche der nicht gestörte Sternschnuppenstrom haben würde, die also am Himmel die wahre Position des Radianten bezeichnet.

Eine Sternschnuppe, die längs AB in der Richtung zum Erdmittelpunkte O hinfällt, kann in Folge der Erdanziehung nur eine Beschleunigung ihrer Bewegung, aber keine Veränderung ihrer Richtung erleiden. Dagegen wird ein Meteor, welches die AB parallele Gerade QD beschreibt, in Folge der Erdattraction in die hyperbolische Bahn SMF geworfen, von welcher O der Brennpunkt ist. Das Meteor wird in Folge dessen die Erde in M treffen



und dem Beobachter aus der Richtung MV zu kommen scheinen, während die wahre ungestörte Bewegungsrichtung NM parallel mit AB war. Der Radiationspunkt erscheint daher für den Beobachter in M dem Scheitelpunkte Z um den Winkel NMV genähert. Diesen Winkel bezeichnet Schiaparelli mit dem Namen *Zenith attraction*, um an die ihn hervorbringende Ursache und die Richtung, nach welcher hin sie wirkt, zu erinnern. Sie erkennen leicht, dass die Zenithattraction auf die Positionen der Radianten analog wirkt, wie die Refraction auf die Oerter der Sterne; beider Wirkung ist gleich Null im Zenith und erreicht ihren grössten Werth im Horizonte. Doch ist das Phänomen der Zenithattraction der

Radiationspunkte nicht für alle Sternschnuppenströme identisch, es ist am grössten für die, welche aus Radianten beim Anti-Apex herkommen, am kleinsten für die Meteore, welche ihre Radiationspunkte nahe beim Apex haben. Schiaparelli findet für den ersten Fall als Maximum $17^{\circ} 20'$, so dass also in diesem Beispiele der Radiant eben im Horizonte aufzugehen scheint, wenn er sich in der That noch $17^{\circ} 20'$ unter demselben befindet. Wenn dieser Radiationspunkt das Zenith erreicht, so ist hier die Zenithattraction gleich Null und es ergibt sich hieraus, dass das Radiationscentrum, wenn es vermöge der täglichen Bewegung der Erde vom Horizonte zum Zenith steigt, allein durch diese Wirkung um $17^{\circ} 20'$ unter den Sternen verschoben zu werden scheint. Schiaparelli hat gezeigt, dass unter gewissen Umständen in Folge der genannten Ursache sogar eine Verrückung der Radiationspunkte unter den Sternen bis zu $51^{\circ} 16'$ eintreten kann. Im Allgemeinen ergibt sich, dass man für alle diejenigen Radianten, welche mehr als 90° vom Apex entfernt sind, die von der Zenithattraction herrührende Bewegung in Rechnung ziehen muss, und hieraus folgt, von welcher Wichtigkeit für die Bestimmung der Radiationspunkte die Notirung der Zeit ist, zu welcher die scheinbaren Bahnen der Meteore beobachtet wurden.

Aus dem vorstehend Entwickelten lässt sich die Begründung des Schlusses erkennen, dass durch die Attraction der Erde viele Sternschnuppen in unsere Atmosphäre gerathen, die sonst der Erde nicht begegnet wären. Schiaparelli hat gezeigt, dass in Folge der Anziehung die Zahl der von der Erde aufgehaltenen Sternschnuppen im Verhältniss des Quadrates der beschleunigten Geschwindigkeit der Meteore zu dem Quadrate ihrer einfachen relativen Geschwindigkeit zunimmt. Diese Thatsache ist zu-

erst von Prof. Newton bemerkt worden. „Diese Zunahme“, sagt Schiaparelli, „ist für die mit kleiner Geschwindigkeit herabfallenden Ströme relativ sehr viel merklicher, als für die anderen; sie erfolgt für die Meteor-schauer mit der grössten Geschwindigkeit in dem Verhältnisse

$$1 : \left(\frac{7\ 1\ 5\ 2\ 0}{7\ 0\ 6\ 4\ 2}\right)^2 \text{ oder } 1 : 1,025$$

für die mit der kleinsten Geschwindigkeit herabfallenden Ströme dagegen in dem Verhältnisse

$$1 : \left(\frac{1\ 6\ 4\ 8\ 2}{1\ 2\ 1\ 2\ 0}\right)^2 \text{ oder } 1 : 1,849$$

Deshalb wird unter gleichen Umständen der Reichthum der vom Apex kommenden Ströme zu dem der Ströme, welche von der entgegengesetzten Richtung herkommen, sich verhalten wie 1,025 zu 1,849 oder einfacher wie 5 zu 9.“ Die vergrösserte Anzahl der Meteore vertheilt sich aber auch über eine grössere Ausdehnung als eine Halbkugel. „Man kann also noch nicht sagen, dass die Menge der auf die Erde fallenden Meteore zunimmt, wie die Menge der einem gegebenen Beobachter sichtbaren oder auf eine Flächeneinheit von bestimmter Ausdehnung fallenden Sternschnuppen.“

Wenn sonach aus dem so jetzt entwickelten Grunde die vom Anti-Apex herkommenden Ströme beträchtlich reicher an Meteoren sein müssen, als die um den Apex herum herkommenden; so steht dieser Ursache doch wiederum eine andere Wirkung mehr als compensirend gegenüber, wodurch die vom Apex herkommenden Ströme beträchtlich mehr begünstigt werden, als die entgegengesetzten. Diese Compensation besteht darin, dass die stündliche Häufigkeit der Meteore der relativen Geschwindigkeit, mit welcher sie sich bewegen, proportional sein

muss. In dieser Hinsicht aber ist der Apex gegenüber dem Anti-Apex im Verhältnisse von $5,82 : 1$ mehr begünstigt. Weitere Umstände, welche die stündliche Häufigkeit beeinflussen, sind: die Entfernung, in welcher sich die Meteore vom Beobachter befinden, die Neigung ihrer Bahnen, die Winkel, unter welchen diese Bahnen in dem Auge des Beobachters erscheinen, und manche andere Umstände, die sich jeder Berechnung entziehen. Jedenfalls genügen diese Umstände, besonders in Verbindung mit den wechselvollen atmosphärischen Verhältnissen, um die Thatsache zu erklären, dass gewisse Sternschnuppenschauer, welche in einigen Gegenden sehr glänzend auftreten, sich in anderen nur schwach zeigten, ohne dass man genöthigt wäre, zu der schon an und für sich unwahrscheinlichen Hypothese einer besondern Vorliebe dieser Phänomene für gewisse Erdgegenden seine Zuflucht zu nehmen.

Die Kenntniss des Einflusses der von der Erde oder von anderen Planeten auf die Bahn der Sternschnuppen ausgeübten Störungen ist für die Theorie der Meteore von grosser Wichtigkeit. Schiaparelli hat diesen Einfluss genau untersucht und findet, dass, wenn die Erde der störende Planet ist, der Winkel der grössten Ablenkung für einen gegebenen Meteorstrom gleich ist dem Doppelten des grössten Werthes der Zenithattraction, welche diesem Strome entspricht. Für die November-Meteore fand der Director der Mailänder Sternwarte, dass der Winkel der grössten Ablenkung der relativen Bewegung für die der Erde ganz nahe vorbeigehenden Meteore $1^{\circ} 28'$ ist und dass durch die Störung in den extremen Fällen die mittlere Umlaufszeit von $33\frac{1}{4}$ Jahren bis auf 28,67 Jahre vermindert, oder bis auf 49,92 Jahre vergrössert werden

kann. Man sieht hieraus, wie derjenige Theil der Meteore der Leoniden, welcher der Erde sehr nahe vorbeigeht, Gelegenheit hat, seine Umlaufsperioden zu verändern und sich in Gestalt eines dünnen ringförmigen Stromes über die ganze Bahn auszudehnen. Trotzdem wird die Aenderung im Radiationspunkte der gestörten Materie, verglichen mit der Radiation der übrigen, keine sehr bedeutende sein, so dass die Genauigkeit des Phänomens der Radiation im Laufe der Jahre noch sehr gross sein kann, trotzdem die Bahnen der einzelnen Meteore schon sehr auseinander gestreut worden sind, und zugleich beträchtliche Variationen in ihren Umlaufszeiten und Excentricitäten erfahren haben. „Ein Meteorstrom“, sagt Schiaparelli, „kann mit fast geometrischer Genauigkeit von einem Punkte aus ausstrahlen, und dennoch können seine Elemente im Raume sehr verschiedene Bahnen beschreiben.“

Schiaparelli hat ferner untersucht, bis zu welchem Grade die anziehende Kraft der Erde die grossen Axen der Meteorbahnen verändern kann. Er findet, dass ein mit parabolischer Bewegung begabtes Meteor, wenn es in Folge der störenden Einwirkung der Erde in eine Bahn mit der kleinstmöglichen Umlaufszeit gebracht werden soll, sich rechtläufig bewegen, und die Parabel, die kreisförmig angenommene Erdbahn unter einem Winkel von 18° schneiden muss. Die nachstehende kleine, von Schiaparelli berechnete Tafel enthält die halben grossen Axen der elliptischen Bahnen nebst den entsprechenden Umlaufszeiten für die beigesetzten Distanzen der grössten Annäherung an die Erde unter den obigen Umständen:

Distanz von der Erde in Erdradien	Halbe grosse Axe der neuen Bahn	Entsprechende Umlaufszeit in Jahren
1	2.65	4.31
2	5.04	11.31
3	7.43	20.26
4	9.90	31.15
5	12.46	43.98
6	14.77	56.76
7	17.19	71.27
8	19.64	87.04
9	22.08	103.75
10	24.45	120.90

Auch die übrigen Planeten üben natürlich je nach ihrer Masse und der Annäherung der Meteore an sie, auf letztere eine störende Einwirkung. Bei den unteren Planeten ist diese Einwirkung wegen ihrer geringen Masse und der grösseren Geschwindigkeit der Meteore geringer wie bei der Erde, allein bei den oberen Planeten vom Jupiter an, können die Ablenkungen der Meteorbahnen eine enorme Grösse erreichen. Beispielsweise findet Schiaparelli für:

Planet	Ströme in der Richtung des Anti-Apex		Ströme in der Richtung des Apex	
	grösste Ablenkung	Distanz in Erd- halbmessern ent- sprechend einer Ablenkung von 4°	grösste Ablenkung	Distanz in Erd- halbmessern ent- sprechend einer Ablenkung von 4°
Merkur	3° 44'	—	0° 7'	—
Venus	24 43	7,30	1 10	—
Erde	34 40	11,54	1 24	—
Mars	14 20	2,15	0 29	—
Jupiter	159 51	20651	81 37	608
Saturn	154 54	11314	66 12	333
Uranus	150 2	3830	54 44	113
Neptun	157 30	6349	74 9	187

Diese kleine Tafel gibt Anlass zu verschiedenen interessanten Vergleichen; hier soll nur darauf hingewiesen werden, dass, wenn einer der grösseren Planeten einen Meteorstrom durchschneidet, oder ihm auch nur auf einige Hundert Erdhalbmesser nahe kommt, die Meteore des nächstens Theiles dieses Stromes in ihrer Bahn so stark abgelenkt werden, dass für diesen Theil der Strom als zerstört betrachtet werden kann; „die Einwirkung wird derjenigen eines heftigen Sturmes auf eine Rauchsäule ähnlich sein“. Nach mehreren solchen Bewegungen kann es so weit kommen, dass das ursprüngliche Band zwischen diesen Meteoren für die Beobachtung nicht mehr erkennbar ist und sie werden dann als sporadische Meteore zu betrachten sein.

Wir kommen bei diesen Betrachtungen ganz von selbst zu der Frage nach der Entstehung der Meteorströme. Auch diese Frage ist von Schiaparelli in höchst scharfsinniger Weise discutirt und beantwortet worden. Er findet, wie ich bereits im dritten Briefe auseinandersetzte, dass ein System von kugelförmiger Gestalt, mag es nun aus discreten Theilchen oder aus zusammenhängender Materie bestehen, vorausgesetzt, dass seine Dichte sehr gering ist, sich auflösen muss, sobald es sich bis zu einer gewissen Grenze der Sonne nähert. Diese Stabilitätsgrenze hängt keineswegs von den Dimensionen des kugelförmigen Systems, sondern bloss von der Menge der in ihm enthaltenen Materie und von seiner Entfernung von der Sonne ab. Wenn das System homogen (allenthalben gleichmässig dicht) ist, so beginnt die Auflösung desselben, sobald die Stabilitätsgrenze überschritten ist, in allen seinen Schichten gleichzeitig; nimmt aber das System nach innen an Dichte zu, so beginnt die Auflösung mit den äusseren Schichten. Diese auflösende Kraft der Sonne

ist nichts anderes, als eine Erscheinung ihrer Anziehung, eine Störung, und das Gleiche findet auch in Folge der planetarischen Störungen statt. In Folge der auflösenden Kraft, vor allem der Sonne, muss sich die Materie längs der beschriebenen Bahn vertheilen, und sich über einen gewissen Bogen derselben ausdehnen, so dass bei einer elliptischen Bahn schliesslich die ganze Peripherie mit Materie (Meteoren) besetzt erscheint. Auch die Planeten können natürlich in bestimmten Fällen unmittelbar und mittelbar zur Auflösung der ursprünglichen Masse und zur Bildung eines Stromes beitragen.

Die Kometen sind nach allem was wir von ihnen wissen, durchaus Massen, welche den hier als nothwendig erkannten Bedingungen zu einer Auflösung entsprechen; auch haben wir bereits früher gesehen, dass manche Kometen in nahezu identischen Bahnen mit gewissen Meteorströmen einhergehen. Wir können daher den weiteren Schluss nicht leicht abweisen, dass in der That aus der Auflösung von gewissen Kometen Meteorströme entstehen.

Inzwischen glaube ich nicht, dass die Abscheidungen aus den Kometenköpfen, welche man in neuerer Zeit bei vielen dieser Himmelskörper beobachtet hat, auf die auflösende Kraft der Sonne, welche ich soeben besprochen habe, zurückzuführen sind; denn diese Abscheidungen erfolgen nicht in der Art, dass die Theile sich längs der Bahn ausbreiten, sondern vielmehr in der Richtung des Radius Vectors und müssen daher von einer andern Ursache herrühren. Auch die Kometenschweife können mit der Auflösung der Kometen in Meteorströme nicht in Zusammenhang gebracht werden; vielmehr macht Schiaparelli mit Recht darauf aufmerksam, dass, wenn in der physischen Theorie der Kometen irgend etwas als feststehend betrachtet werden kann, dies die Thatsache ist,

das die Schweifmaterie ihre Bewegung Kräften verdankt, deren nähere Beschaffenheit zwar unbekannt ist, welche aber ganz oder zum Theile die Einwirkung der Gravitation zerstören, und sogar bisweilen Wirkungen hervorbringen, welche denen entgegengesetzt sind, die aus der Gravitation hervorgehen würden. Die Untersuchungen, welche Bessel über den Halley'schen Kometen angestellt, haben schon vor vielen Jahren diesen berühmten Astronomen zur Annahme einer repulsiven Kraft geführt, welche auf diesen Kometen wirkt, und ihren Sitz in der Sonne oder auch anderswo haben könne, indem „die gewöhnliche Kraft der Sonne mit der Erscheinung langgestreckter, nicht sehr beträchtlich gekrümmter und der Sonne nahe entgegengesetzter Kometenschweife unvereinbar ist“. Diese Schlussfolgerung ist, wie Schiaparelli sehr richtig bemerkt, durchaus keine hypothetische — wofür sie mit Unrecht vielfach angesehen wird — sondern vielmehr das mathematische Resultat der an jenen Schweifen beobachteten Thatsachen. Unter der Voraussetzung, dass der Sitz jener Kraft im Sonnencentrum sei, und ihre Intensität im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnehme, fand Bessel aus seinen Beobachtungen des Halley'schen Kometen die Constante der Abstossung gleich $-1,812$, also fast das Doppelte der allgemeinen Anziehung. Pape's Untersuchungen ergaben für den Hauptschweif des Donatischen Kometen, dass für diesen eine Attraction statt einer Abstossung angenommen werden müsse und ihre Constante bestimmte er zu $+0,612$. Dagegen ergab der secundäre und fast als gradlinigt von Bond und Winnecke beobachtete Schweif eine repulsive Kraft mit der Constanten $-5,317$. Schliesslich haben die Untersuchungen des Kometen von 1680 durch Schiaparelli gezeigt, dass die Möglichkeit, die Positionen des

äusseren Endes seines Schweifes darzustellen, gegeben ist, indem die Einwirkung der Sonne auf die Theile des Kometen als vollkommen gleich Null angenommen wird.

Wir haben bis jetzt die Beziehungen der Sternschnuppen zu den Kometen untersucht, ich will nun mit Schiaparelli die Verwandtschaft der Sternschnuppen mit den Meteoriten näher beleuchten. Die Thatsache, dass man noch nie mit Sicherheit das Herabkommen einer Sternschnuppe auf den Erdboden beobachtet hat, wird von Einigen als der grösste Einwurf gegen die Identität dieser mit den Meteoriten festgehalten, während hingegen Andere beide als ihrer Natur nach wesentlich identisch betrachten.

Schiaparelli führt einige Fälle an, in welchen Sternschnuppensubstanz den Erdboden erreicht haben soll. Der erste gehört dem Jahre 1095 an und dem grossen Sternschnuppenregen zur Zeit des Concils zu Clermont. Der zweite Fall ist berichtet von Haidinger und bezieht sich auf ein am 31. Juli 1859 bei dem Schlosse Montpreis in Steiermark beobachtetes Meteor. Dasselbe schoss zischend aus der Luft herab, ganz mit der Geschwindigkeit einer Sternschnuppe, aber heller leuchtend. Das Meteor fiel vor der Montpreiser Kirche nieder auf festen Sandboden, machte in denselben eine kleine Höhlung von der Tiefe einer halben Nusschale und verbrannte im Umfange eines Thalerstückes den Boden. Das niedergefallene Object glühte noch 5 bis 8 Secunden lang. Es waren drei nussgrosse Stücke nebst staub- oder sandartiger Masse, mit einer schwarzen schlackenartigen Rinde überzogen.

Der dritte Fall wurde am 16. November 1859 Abends 8½ Uhr zu Charleston in Süd-Carolina beobachtet. Die Masse ist von Shepard chemisch untersucht worden und fand derselbe eine mineralige und erdige Be-

schaffenheit mit etwas Kohle. Der Anblick der Meteorfragmente war von dem aller bekannten, organischen und unorganischen Körper verschieden.

Verschiedene andere Beispiele über aufgefundenen Sternschnuppensubstanz habe ich in meinem „Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung“ (2. Auflage, Braunschweig 1871) mitgetheilt. Allein wenn auch solche Materie niemals mit Sicherheit als auf den Erdboden herabgekommen, sollte nachgewiesen werden können, so genügten zur Erklärung dieser Thatsache vollkommen diejenigen Umstände, welche wir bereits im Vorhergehenden kennen gelernt haben.

Der Unterschied der äussern Erscheinung zwischen einer Sternschnuppe und einer Meteoriten niedersendenden Feuerkugel ist allerdings ein beträchtlicher. Allein von dem schweigsamen, augenblicklichen Glanze der Sternschnuppen, ihrem reinen klaren Lichte und ihrer strichartigen Bahn, bis zu den grossen geschweiften, alles taghell erleuchtenden, Funken und Rauch aussendenden, mit Donnergetöse explodirenden Feuerkugeln, gibt es eine Menge Uebergangsformen und jene Meteore bilden nur die äussersten Punkte einer Scala.

Die detonirenden Feuerkugeln liefern nur in den seltensten Fällen Meteorite, obgleich nicht bezweifelt werden kann, dass stets mehr oder minder grosse Massen von der sandartigen Form bis zur Gestalt zentnerschwerer Felsen auf die Erde herabkommen. Das Auffinden solcher Massen hängt aber von einer grossen Zahl zufälliger Umstände ab.

Geht man die einzelnen Erscheinungen, welche die Feuermeteore liefern, durch, so findet man, dass weder die Detonation noch die Lichtintensität ein Criterium zur generellen Unterscheidung derselben von den Sternschnuppen

liefern kann. Die Detonationsphänomene hängen neben der Entfernung vom Beobachter auch von den Dichtigkeitsverhältnissen der Luft in den Höhen wo das Meteor explodirt, ab, und bei der Lichtintensität sind wiederum neben der Entfernung die atmosphärischen Zustände an den einzelnen Beobachtungsorten von grösstem Einflusse. Auch die Explosion der Meteore bietet kein unterscheidendes Merkmal zwischen Feuerkugeln und Sternschnuppen dar; denn man hat in der That bei den Meteorschauern des November explodirende Meteore gleichzeitig mit Sternschnuppen aus dem Löwen ausstrahlen gesehen. In meinem „Handbuch der Himmelsbeschreibung“ habe ich Fälle angeführt, in welchen Feuerkugeln ohne Explosion verschwanden; anderseits darf man nicht vergessen, dass manche Sternschnuppen, die am Ende ihrer Bahn in Funken zersprühen, eben deshalb von den Beobachtern als Feuermeteore oder Boliden, statt als gewöhnliche Sternschnuppen aufgezeichnet werden.

Den einzigen, einigermaßen scheinbar berechtigten Einwurf gegen die Identität der Sternschnuppen und der Meteorite hat man darin finden zu können geglaubt, dass das Herabstürzen der Meteorite eine ganz andere Periode zeigt, als die Häufigkeit der Sternschnuppen. Das ist eine Thatsache, welche durchaus nicht in Abrede gestellt werden kann, indem schon 1860 H a i d i n g e r fand, dass die Anzahl der Nachmittagsfälle jene der Vormittagsfälle um 40 Procent übertrifft. Die Zusammenstellungen von J u l. S c h m i d t ergeben für die jährliche Vertheilung der Meteoriten-Fälle:

	Meteoritenfälle	Detonationen	Schweife
Januar	22	52	39
Februar	19	44	32
März	27	51	38
April	27	37	26

	Meteoritenfälle	Detonationen	Schweife
Mai	41	40	27
Juni	31	33	31
Juli	39	44	50
August	25	34	108
September	18	36	59
October	28	50	54
November	20	61	67
December	26	53	44

Hieraus ersieht man, dass das eigentliche Maximum für die Aërolithenfälle der Monat Mai ist, um welche Zeit auch die Detonationen am häufigsten vorkommen, während die Schweife am seltensten sind. „Es will scheinen“, bemerkt Schmidt, „dass der vollständigste Verbrennungsprocess die häufigsten Schweife und die seltensten Steinfälle bedingt.“

Was nun die Ursache der für die Sternschnuppen und Meteorite verschiedenen periodischen Häufigkeit anbelangt, so muss man sich erinnern, dass die Ursache der täglichen Variation der Meteorhäufigkeit in der Verbindung der Bahnbewegung der Erde mit ihrer täglichen Rotationsbewegung besteht. Aus diesem Grunde scheinen die den Apex umgebenden Theile eine zahlreichere Menge von Sternschnuppen zu entsenden, als die entgegengesetzten Regionen. Wäre die Atmosphäre nicht vorhanden, so ist nicht einzusehen, weshalb das Gleiche nicht auch für die Meteoriten stattfinden sollte; allein das Vorhandensein der irdischen Lufthülle ändert den Effect ganz und gar. Nehmen wir an, dass die Bahnen der Meteoriten Parabeln sind, so wird die Fallgeschwindigkeit in der Richtung des Apex zur entgegengesetzten sich verhalten wie 4,34 zu 1. Deshalb wird der Widerstand der Atmosphäre in einer von der Seite des Apex her herabfallenden Masse $4,34 \times 4,34$,
9*

also 19mal mehr Wärme erzeugen können, als in einer gleichen Masse, die von der entgegengesetzten Seite her herabfällt, d. h. mit anderen Worten: die Ursache, welche die Auflösung der Meteore in der Nähe des Apex veranlasst, wirkt hier 19mal intensiver, als in der entgegengesetzten. Wenn also auch die Menge der Meteore um den Apex herum grösser ist, so ist doch die Ursache, welche den weniger zahlreichen der entgegengesetzten Seite ein Herabkommen auf den Boden gestattet, überwiegend. Die Thatsache, dass bei den grossen Sternschnuppenfällen der Perseiden und Leoniden nicht mehr Meteore zur Erde kommen als in sonstigen Zeiten, ist durch die grosse Geschwindigkeit dieser Meteore, deren Radianten resp. 40^0 und 10^0 vom Apex entfernt sind, hinreichend erklärt. „Diese beiden Meteorschauer“, sagt Schiaparelli, „stürzen auf die Erde mit solchem Ungestüm, dass die gänzliche Auflösung ihrer Meteore in der Atmosphäre nicht gerade eine absurde Annahme ist.“

Wenn diese Erklärung die richtige ist, so müssen folgeweise diejenigen Meteorschauer von kleiner Geschwindigkeit mehr Meteorite liefern, als für die Epoche im Allgemeinen zu erwarten wäre. Ein solcher Fall tritt z. B. für diejenigen Sternschnuppen ein, welche man als vom Biela'schen Kometen abstammend hält, und die sich in den ersten Tagen des December zeigen. In der That sind die Tage in der ersten Hälfte des December durch zahlreiche Steinfälle ausgezeichnet und schon d'Arrest hatte auf die Möglichkeit hingewiesen, dass diese Aërolithen von der Auflösung des Biela'schen Kometen herkommen.

Die bisher betrachteten Thatsachen sprechen also sämtlich mehr oder minder deutlich für die Identität der Sternschnuppen und Meteorite; dagegen findet man, dass in den Fällen, wo ein Meteorit in die Atmosphäre einge-

drungen ist, und man seine Bahn hat zu berechnen vermocht, die absolute Geschwindigkeit desselben grösser war als die parabolische, dass sich der Meteorit mithin in einer Hyperbel bewegte. Diese Thatsache führt dazu, die Meteorite bezüglich ihres Ursprungs in die Welt der Fixsterne zu versetzen, denn Schiaparelli hat gezeigt, dass, wenn ein Himmelskörper aus den Fixsternräumen in den Bereich der Sonnenanziehung tritt und selbst in das Innere unseres Sonnensystems eindringt, er eine entschieden hyperbolische Bahn beschreiben muss. Die Kometen gelangen freilich auch aus den Tiefen des Weltraumes zu uns, wie der etwas hyperbolische Charakter der Bahnen einiger unter ihnen klar erweist; allein gleichzeitig lässt uns, wie Schiaparelli scharfsinnig hervorhebt, die fast parabolische Gestalt des von ihnen beschriebenen Kegelschnittes erkennen, dass unter der unermesslichen Zahl der Körper, welche die Himmelsräume bevölkern, die Kometen eine Klasse für sich bilden, ausgezeichnet durch einen besondern Charakter, welcher sie uns in derjenigen Bahngestalt zeigt, die für die anderen Körper, wie die Theorie erweist, die am wenigsten wahrscheinliche ist. Von einem aus den Sternräumen kommenden Körper kann eine fast parabolische Bahn nur dann beschrieben werden, wenn die Geschwindigkeit und die Richtung seiner Eigenbewegung fast genau gleich der Geschwindigkeit und der Richtung der Eigenbewegung der Sonne sind. Hieraus zieht Schiaparelli den wichtigen Schluss, dass die Kometen unter den Sternen und den anderen nichtplanetarischen Körpern ein besonderes System bilden, dessen Glieder sämmtlich die Sonne bei ihrer Eigenbewegung durch die Himmelsräume begleiten. Sie sehen also hier eine Ausdehnung unseres Sonnensystems, die wir bis vor Kurzem nicht ahnten; vielleicht, dass unsere Sonne mit

anderen Fixsternen eine weite Bahn um einen innerhalb des Fixsternsystems liegenden Schwerpunkt beschreibt, dass sie zu einem Partialsysteme gehört; vielleicht auch, dass sie sich als isolirter Fixstern um den allgemeinen Bewegungsmittelpunkt unserer Sternschicht bewegt.

Die Stellung der Kometen zum Sonnensysteme wird hier etwas anders als in der Kosmogonie, welche den Namen von Laplace an ihrer Stirne trägt. Der grosse französische Geometer nahm die Kometen als unserm Sonnensysteme ursprünglich fremde Weltkörper, als kleine von Sonne zu Sonne irrende Nebelmassen an. Nach Schiaparelli's Anschauung dagegen sind sie mit unserer Sonne verwandt und gleichen Ursprungs. Doch darf man nicht vergessen, dass Schiaparelli das Wort Ursprung hier auf Zustände bezieht, die nothwendigerweise sehr weit vor denjenigen liegen, von welchen Laplace ausging, um die Ballung der einzelnen Planeten zu erklären. „Nach der Hypothese von W. Herschl“, sagt Schiaparelli, „über die Bildung der Sternwelt mittels der verdichteten Nebelmaterie, kann man sich die Thatsachen leicht durch die Voraussetzung erklären, dass in jeder mit paralleler und gleicher Bewegung im Raume begabten Gruppe alle Gestirne bei ihrem Ursprunge einem und demselben Theile der Nebelmasse angehörten, dessen ursprüngliche Bewegung auch nach erfolgter Concentration zu einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Körpern, fortgesetzt wurde. Ein solcher Theil der Nebelmasse würde die gemeinsame Mutter des Sonnensystems, der Kometen und möglicherweise auch anderer Himmelskörper gewesen sein.“

Wenn die Eigenbewegungen der Kometen bei ihrem Ursprunge genau gleich und parallel der Eigenbewegung

der Sonne gewesen wären, so hätten die sich ihr nähernden Kometen nothwendig in gerader Linie nach dem Sonnenmittelpunkte hin fallen müssen. Da ein Beispiel dieser Art noch nicht beobachtet worden ist, so müssen wir schliessen, dass die Gleichheit und der Parallelismus der Eigenbewegungen nur annähernd stattfinden, vielleicht weil bereits die anfänglichen Bewegungen so waren, vielleicht auch in Folge vielfacher Störungen, welche die Kometen auf ihren langen, einsamen Bahnen jährlich erleiden. Ordnet man die Kometen nach ihren kleinsten Entfernungen von der Sonne, so findet man, dass die grossen Axen derjenigen Kometen, welche die kleinsten Periheldistanzen haben, sich mit grosser Uebereinstimmung um einen Punkt von 72° Rectascension und 48° nördl. Declination in der Nähe des hellen Sternes Capella gruppiren. Diese Thatsache scheint zu dem Schlusse zu führen, dass sich in der Richtung nach diesem Sterne ein System von Massen befindet, die sich mit einer fast genau gleichen Richtung und Geschwindigkeit wie unsere Sonne bewegen. „Die Sonne könnte auch möglicherweise ein Theil dieses Systems und vielleicht excentrisch in diesem gelegen sein, so dass das Centrum oder der grössere Theil des Systems sich uns in der erwähnten Richtung zeigte: hierdurch würde es auch verständlich, warum alle oben erwähnten Bahnen nicht einzig und allein von dieser Richtung kämen, sondern nur in grösserer Menge um sie herum zusammengedrängt seien.“

Während wir also in den Kometen verwandte Körper, die mit unserer Sonne aus dem gleichen Urnebel gebildet sind und die sie auch auf ihrer kosmischen Bahn begleiten, zu erblicken haben, würden wir in den Meteoriten, die in hyperbolischen Bahnen zu uns kommen, die

eigentlichen Fremdlinge aus der Sternenwelt zu erkennen haben.

Wenn man aber die merkwürdig übereinstimmende mineralogische Zusammensetzung der Meteorite betrachtet, die gleichförmige Structur dieser Massen, wodurch sie uns, wie Schiaparelli bemerkt, fast wie Mineralien desselben Berges oder desselben Bergwerks erscheinen, so kommt man leicht in die Versuchung, mit Lawrence Smidt und Stanislaus Meunier an einen gemeinsamen Mutterkörper der Meteorite zu denken, dessen Trümmer die aërolithischen Massen sind. Die Schwierigkeiten, welche eine exakte geometrische Untersuchung einer solchen Annahme entgegenstellt, hat Schiaparelli klar nachgewiesen; die hyperbolischen Bahnen müssten unter dieser Voraussetzung das Resultat blosser Beobachtungsfehler sein und man müsste die Meteorite dann doch immer noch mit den Sternschnuppen identificiren. Wenn man dagegen an dem stellaren Ursprunge der Meteorite fest hält, so fällt jede Schwierigkeit fort, wenn man nicht etwa die ungeheure Gleichförmigkeit des Weltenstoffes zu einer Schwierigkeit machen, d. h. dieselbe läugnen wollte. Nun hat aber die Spectralanalyse uns schon überraschende Einblicke in die stoffliche Verwandtschaft aller leuchtenden Himmelskörper thun lassen, und wer wollte behaupten, dass die Annahme einer noch bedeutendern stofflichen Uebereinstimmung der geballten Weltmaterie ungereimt sei? Die Meteorite kommen aus den verschiedensten Regionen des Weltenraumes zu uns und haben im Einzelnen gewis sehr verschiedenartige Schicksale erlebt. Wenn wir daher auch die mineralogische Zusammensetzung derselben unter einander äusserst ähnlich finden, so besitzen doch gewisse Meteorsteine wiederum Eigenthümlichkeiten, welche

ihrer individuellen Existenz anhaften. Diese Eigenthümlichkeiten sind: hoher Wasserstoff- oder Kohlenstoffgehalt. Solche Massen haben neben der allgemeinen Geschichte der Meteorite eine eigene, interessante Geschichte, von deren Existenz wir nun Kunde haben, die aber für uns vorläufig noch in Hieroglyphen geschrieben ist.

VI.

Dass die ganze Welt nicht um des Menschen willen vorhanden ist, ist eine Wahrheit, die heutzutage nicht dem philosophischen Kopfe allein einleuchtet. Der Mensch, so gross und erhaben er in seiner Intelligenz, mit seinem, die entlegensten Regionen des Weltraumes durchleuchtenden Verstande, über der leblosen Materie und selbst über dem höchstorganisirten Thiere dasteht, ist dennoch mit nimmer löslichen, schweren Fesseln an die träge Materie gebannt, er ist der Slave des Stoffes, dessen Anziehung er gehorchen muss. Mit der Erde muss er tagtäglich um deren Axe rotiren, mit ihr muss er in jährlicher Bahn die Sonne umkreisen, und mit dem ganzen Planetensysteme ist er gezwungen durch den Weltraum zu jagen. Weder seine Intelligenz noch sein Wille kann ihn diesem Zwange entheben. In diesem Sinne mag man nun auch von einem Weltbürgerthume des Menschen reden, von einem Unterworfensein unter das Gesetzmässige der beherrschenden Unermesslichkeit der Materie; in anderer Art sehe ich Nichts, was zu der Annahme eines solchen Weltbürgerthums des Menschen berechtigen könnte. Soweit ich dies beurtheilen kann, hat das Dasein des Menschengeschlechtes keinerlei Beziehung zur Existenz der

Welt als solcher, ausser, dass es nicht sein könnte, wenn diese nicht vorher bereits wäre. Aber der Himmel, der sich über unserm Haupte wölbt, würde sich auch über dem Punkte, den der Beobachter einnimmt, ausspannen, wenn das Menschengeschlecht nicht existirte, wenn die Erde mit der Sonne und allen Planeten urplötzlich in ein Nichts versinken könnten. Freilich wird für uns, subjectiv, die Existenz des ganzen Weltenbaues verschwinden müssen, sobald unser eigenes Bewusstsein aufgehoben ist; allein objectiv existirt der Weltbau deshalb um nichts weniger, da er ja auch gegenwärtig von seiner Existenz nichts wissen kann. Es ist gar keinem Zweifel unterworfen, dass der Erdball vor dem Menschengeschlechte da war, und zwar in der nämlichen Abhängigkeit vom mütterlichen Sonnenkörper, in der wir ihn heute erkennen; es ist auch leicht zu begreifen, dass die Erde die Existenz des Menschengeschlechtes überdauern muss, weil dieses nicht ohne sie existiren kann. Würde die Erde unmittelbar an die Oberfläche der Sonne gerückt, so müsste sie von dieser 46000mal stärker erleuchtet und erwärmt werden, als gegenwärtig der Fall ist; entfernte sie sich dagegen bis zur Bahn des Neptun, so würde die Lichtstärke und Wärmeintensität der Sonne an ihrer Oberfläche nur Ein Tausendstel der gegenwärtig statthabenden sein. Beide Zustände würden den Untergang des Menschengeschlechtes mit zwingender Nothwendigkeit nach sich zuziehen. Sonach erscheint also die Existenz des Menschengeschlechtes wie es ist, durchaus gebunden an diejenige kosmische Stellung, welche die Erde gerade besitzt. Es ist sicherlich mehr als bloss ein schöner Gedanke, das ganze Weltall bis in die entlegensten Fernen des Raumes mit lebendigen und denkenden Wesen zu bevölkern, wenn auch diese Idee nicht der Schärfe einer geometrischen Beweis-

führung zulässig ist. So viel scheint aber gewiss zu sein, dass die lebenden und denkenden Wesen im ganzen weiten Reiche der Schöpfung nicht gerade Menschen sind wie wir Bewohner des drittnächsten Planeten bei der Sonne. Die Form ist sicherlich auf den verschiedenen Weltkörpern der verschiedenen Systeme und sogar auf den einzelnen Planeten eines und desselben Systems eine verschiedene; dagegen möchte ich behaupten, dass das Denken allenfalls in gleicher Weise sich vollzieht, wenn auch nicht in gleicher Tiefe, Ausdehnung oder Intensität, wenn man will. Denn das muss man festhalten, dass die Tiefe des Denkens, der Grad der Denkkraft, wenn ich mich so ausdrücken darf, durch sehr verschiedenartige äussere Verhältnisse bedingt erscheint, als da sind Bau des Gehirns, Summe des Wissens und der Erfahrung, körperliche Constitution u. s. w., nicht so die Folgerichtigkeit des logischen Denkens an und für sich. Von zwei denkenden Menschen, deren Intelligenz eine sehr verschiedene ist, wird der eine über einen gewissen Gegenstand noch folgerichtig denken können, der dem andern unfasslich ist, weil er bereits die Grenzen seines Verstandes übersteigt, dagegen werden beide richtige, und bei völlig richtigem Denken auch völlig identische Schlüsse ziehen über ein Denkobject, dessen geistige Erfassung innerhalb ihrer beiderseitigen Sphären der Intelligenz fällt. So verhält es sich aller Wahrscheinlichkeit nach auch für den ganzen Weltraum. Die Folgerichtigkeit des Denkens an sich, die Logik des Verstandes, ist für das ganze Universum die nämliche, aber der Grad der Ausbildung desselben wird für die einzelnen Weltkörper jedenfalls ein äusserst verschiedener sein. Wer vermag es zu sagen, wo die höchste Intelligenz denkender Wesen im Universum anzutreffen ist? Ob auf der Erde, ob auf dem Jupiter oder auf einem

der Planeten, welche den Stern Capella umkreisen, oder den Sirius oder endlich irgend einen andern Fixstern? In dieser Beziehung ist allem menschlichen Forschen eine unübersteigliche Grenze gesetzt, ja man wagt nicht einmal eine Hypothese darüber aufzustellen. Alles was man in dieser Beziehung behaupten kann ist, dass kein Grund zu der Annahme vorliegt, es habe das Menschengeschlecht den höchsten Grad der Intelligenz unter allen denkenden Wesen im ganzen Universum erreicht. Mit der Erkenntniss dieser Wahrheit ist nun aber bereits ein grosser Schritt weiter geschehen. Wir betrachten jetzt den sternbesäeten Himmel als einen Theil des Raumes, der mit Weltkörpern erfüllt ist, auf denen sich Wesen ihres Daseins freuen, die zum Theile wenigstens, uns an Verstand und Geist überragen, mag ihre körperliche Bildung auch immerhin von der unserigen abweichen. Wir wissen jetzt, dass nicht allein von unserer kleinen Erde aus die Tiefen des Weltraums durchforscht und ergründet werden, sondern dass dies zweifellos auch von anderen Planeten aus geschieht, von Himmelskörpern aus, die für uns vielleicht nie eine Spur ihres Daseins verrathen werden. Wir begreifen, dass nicht irdische Augen allein es sind, welche Strahlen unserer Sonne empfangen, sondern auch denkende Wesen tief im Raume ihre Blicke bisweilen auf unser Tagesgestirn heften, das ihnen freilich nur als glänzender Fixstern erscheint, und wir können vermuthen, dass bei solchem Anblicke mancher Bewohner eines entlegenen Sternes sehnsüchtig wünscht, tiefer einzudringen in die heimatlichen Zustände unsers Sonnensystems, ohne Ahnung von unserm Dasein und dem Wunsche, der sich in den Versen des Dichters ausspricht:

„Finkle, finkle, schöner Stern,
Was du bist, wie wüsst' ich's gern!“

Wenn ich eben gesagt habe, dass eine gewisse nicht geringe Wahrscheinlichkeit dafür spreche, das ganze Weltall sei bis in die entlegensten Fernen von lebendigen und denkenden Wesen bevölkert, so ist dies natürlich nicht so aufzufassen, als existirten auf jedem Weltkörper ohne Ausnahme in jedem gegebenen Augenblicke lebende Wesen, überhaupt organisirte Körper. In der That hat die Spectralanalyse gezeigt, dass die Fixsterne und die Nebelflecke glühende Weltkörper, ja reine Gasmassen sind, und es wäre nur eine völlig haltlose Aufeinanderpfröpfung von Hypothesen, wenn man nichtsdestoweniger jene Himmelskörper zu Wohnstätten lebender Wesen machen wollte, die so organisirt wären, dass sie den hohen Temperaturen Widerstand zu leisten vermöchten, die wir bei den Fixsternen und Nebelflecken voraussetzen müssen. Diese Körper befinden sich vielmehr wahrscheinlich in vorbereitenden Zuständen für die Aufnahme lebender Wesen und sie dienen während dieser Zeit durch Aussendung von Licht und Wärme zur Unterhaltung des organischen Lebens an der Oberfläche derjenigen Gestirne, welche bereits erkaltet sind.

Auch von den Kometen können wir nicht wohl annehmen, dass sie mit lebenden Wesen bevölkert sind, so ausgezeichnet gut diese Körper auch immerhin situirt sein mögen, um von ihnen aus den Bau des Himmels zu erforschen. Die Kometen scheinen nun einmal keine Weltkörper, welche sich zu Wohnsitzen lebendiger Wesen eignen, zu sein, sie nehmen eine ganz besondere Stellung im Weltenplane ein, und zwar eine Stellung, die für uns noch sehr viel Räthselhaftes hat. Wie vorsichtig man aber in solchen Schlüssen sein muss, durch die man einem Weltkörper die Existenz organischer Bildungen an seiner Oberfläche abspricht, lehren die Meteorite, die zwar eine

sehr nahe Verwandtschaft mit den Kometen besitzen, aber sich doch von diesen wiederum in wesentlichen Merkmalen unterscheiden. In der That hat man einige wenige Meteorite gefunden, bei denen die chemische Analyse die Existenz von organischer Materie nachgewiesen hat, freilich in Gestalt von Kohle, da die grosse Hitze vor dem Explodiren der Meteorite jede organische Structur zerstört. Der jüngste dieser Aërolithe ist derjenige, welcher am 14. Mai 1864 bei dem Dorfe Orgueil in Frankreich niederfiel. Man hat im ganzen etwa zwanzig Fragmente dieses Meteorsteines gefunden, von der Grösse eines Kopfes bis zu der einer Faust. Dieselben sind auch dadurch merkwürdig, dass man an der schwarzen Rinde deutlich unterscheiden kann, wie alle diese Fragmente ursprünglich nicht einem einzigen Körper angehört haben, sondern verschiedene davon selbstständige Begleiter der Hauptmasse waren. Der Chemiker Cloëz hat zuerst nachgewiesen, dass dieser Meteorit 7,41 Huminsubstanz enthält, und übereinstimmend damit fand Pisani, der sich vielfach mit der chemischen Untersuchung der Meteorite beschäftigt, 13,89 Wasser und organische Materie in dem Aërolithen. Nach Cloëz enthält die Huminsubstanz in 100 Theilen

63,45 Kohlenstoff

5,98 Wasserstoff

30,57 Sauerstoff.

Noch deutlicher hat der am 15. April 1857 bei Kaba, südwestlich von Debreczin, gefallene Meteorstein sich als Träger eines organischen Gebildes verrathen. Seiner Zusammensetzung nach besteht dieser Stein hauptsächlich aus Kieselsäure, Eisenoxydul, Magnesia und Thonerde, Magnetkies, Eisen und Nickel und etwas Kupfer; allein Wöhler fand bei höchst sorgfältiger Untersuchung, dass der Stein auch eine geringe Menge einer farblosen, nicht

deutlich krystallinischen Substanz enthalte, die beim Erhitzen in einer Röhre schmolz und dann unter Verkohlung sich zersetzte, beim Erhitzen an der Luft sich aber in weissen Dämpfen verflüchtigte. Auch bei späteren Versuchen konnte sich derselbe berühmte Chemiker mit voller Sicherheit überzeugen, dass dieser Meteorit ausser freier Kohle eine kohlenstoffhaltige Substanz enthält, welche sich mittels siedenden Alkohols ausziehen lässt, leicht schmelzbar ist, mit sogenannten Bergwachsarten (Ozokerit, Scheererit) Aehnlichkeit zu haben scheint, und unzweifelhaft organischen Ursprungs, vielleicht nur ein Rest ursprünglich in dem Meteoriten enthaltener und in dem Momente der Feuererscheinung unter Abscheidung von Kohle zersetzter organischer Substanz ist.

Der Meteorit, welcher am 15. März 1806 bei St. Etienne de Lohm und Valence in der Nähe von Alais explodirte, enthält, wie schon im Jahre 1834 Berzelius fand, eine organische, im Wasser lösliche, beim Erhitzen sich bräunende und etwas schwarze Kohle zurücklassende Masse. Roscoe hat später ein Stück des Meteoriten abermals untersucht und die Angaben von Berzelius bestätigt gefunden.

Bei Bokkeveld in der Capkolonie fielen am 13. October 1838 unter furchtbarem Donner Meteorsteine, die nach den Untersuchungen von Harris Kohlenstoff und eine bituminöse Masse enthalten. Letztere wird an siedenden Alkohol als weiche, gelbliche, harz- oder wachsähnliche Substanz abgegeben, welche beim Erhitzen in einer Röhre leicht schmilzt und dann unter Abscheidung von schwarzer Kohle und Entwicklung eines stark bituminösen Geruchs zersetzt wird.

Wir haben also bei gewissen Aërolithen die unvermuthete Erscheinung vor uns, dass sich organische Ma-

terie an der Oberfläche dieser kosmisch kleinsten Fragmente angesiedelt hat und finden darin eine wichtige Stütze der Ansicht, dass organische Materie nicht auf unsere Erde allein beschränkt, sondern im ganzen Weltenraume anzutreffen sein wird. Freilich müssen allenthalben die Organismen ihrem Wohnorte angepasst sein und wenn auch unser Urtheil in dieser Hinsicht beschränkt ist, weil wir nur nach Analogie unserer irdischen Verhältnisse urtheilen können, so kann man doch nicht in Abrede stellen, dass da, wo für irdisches Leben die Möglichkeit gegeben wäre, zu existiren, diese Möglichkeit sich tatsächlich realisirt findet. Von diesen Gesichtspunkten aus hat die Erforschung der Weltstellung derjenigen Himmelskörper, die wir wegen ihrer Nähe genauer kennen zu lernen vermochten, nämlich der Planeten, ein bedeutendes Interesse. Von der Sonne kann man hierbei füglich Abstand nehmen, denn nach dem, was wir gegenwärtig über ihre physische Constitution wissen, müssen wir schliessen, dass sie in den Stadien der Entwicklung, welche sie seit Anfang bis heute durchlaufen hat, selbst kein organisches Leben an ihrer Oberfläche beherbergen, sondern nur dazu beitragen konnte, die organische Entwicklung auf den sie umkreisenden Planeten zu befördern und zu erhalten.

Indem wir von der Sonne zu den Planeten herabsteigen, treffen wir zuerst auf den *Merkur*.

Dieser Planet steht in seiner mittleren Entfernung 7,800000 Meilen von der Sonne ab, allein wegen seiner beträchtlich elliptischen Bahn kann er sich dem Sonnenmittelpunkte bis auf $6\frac{1}{5}$ Millionen Meilen nähern und nahe $9\frac{1}{3}$ Millionen Meilen davon entfernen. Wenn er in seinem Perihele der Sonne am nächsten ist, so erblickt er diese als eine $10\frac{1}{2}$ mal grössere Scheibe, wie dieselbe der Erde erscheint, und selbst in seiner grössten Entfernung

sieht ein Auge auf dem Planeten die Sonne noch immer $4\frac{1}{2}$ mal grösser, als dies von der Erde aus der Fall ist. In dem nämlichen Verhältnisse steht auch die Erleuchtung, die der Planet Merkur von der Sonne empfängt, zu derjenigen, welche die Erde erhält. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Erleuchtungsverhältnisse, wie sie für den Planeten Merkur stattfinden, für unsere Augen nicht eben als passend bezeichnet werden können, oder es müsste eine dichte Atmosphäre den Glanz des Sonnenlichtes beträchtlich abblenden. Man kann annehmen, dass bei einer 4- bis 5mal grössern Dichte und Höhe unserer Atmosphäre etwa $\frac{9}{10}$ des Sonnenlichtes beim Durchgange durch diese Luftschicht absorbiert würden. Wenn demnach Merkur von einer solchen Atmosphäre umgeben wäre, so würde das Sonnenlicht an seiner Oberfläche die nämliche Intensität besitzen, wie auf der Erde. Gewissen Beobachtungen zufolge wird der Planet Merkur in der That von einer Atmosphäre umhüllt, welche eine nicht unbedeutende Dichte und Höhe besitzt. Dieses Resultat folgt am sichersten aus der von mehreren Beobachtern constatirten Thatsache, dass die Grenzlinie des erleuchteten Theiles, wenn Merkur sichelförmig erscheint, minder hell ist, wie die übrigen Punkte der glänzenden Scheibe; dann auch aus den Beobachtungen von Beer und Mädler, wonach die Breite der Merkursichel geringer ist, als sie der Berechnung nach sein sollte.

Ich darf Ihnen jedoch nicht verschweigen, dass nach neueren photometrischen Versuchen Prof. Zöllner zu dem Resultate gelangt, Merkur besitze keine merkliche Atmosphäre, sondern seine Oberfläche habe mit derjenigen unseres Mondes grosse Aehnlichkeit. Die Spectralanalyse kann zwischen diesen entgegengesetzten Anschauungen zur Zeit noch nicht entscheiden, weil man bei den jetzigen

Hilfsmitteln genöthigt ist, den Planeten in der Nähe des Horizonts zu beobachten, wo die Absorption unserer Atmosphäre einen ausserordentlichen und, wenn es sich um so feine Untersuchungen handelt, nicht immer genau controllirbaren Einfluss auf das Aussehen des Spectrums ausübt.

Was die Wärmemenge anbelangt, welche die Sonne dem Planeten Merkur zusendet, so ist sie in demselben Verhältnisse bedeutender, als auch die Erleuchtung dort diejenige auf unserer Erde übertrifft. Indess lässt sich über die Erwärmung der Oberfläche dieses Planeten hieraus kein Urtheil fällen, weil diese von der Dichtigkeit und Reinheit der Merkuratmosphäre und von der Fähigkeit der Materie auf jenem Planeten, erwärmt zu werden, abhängt. Wir können nur sagen, dass unsere Erde, wenn sie in die Entfernung des Merkur von der Sonne gerückt würde, fast siebenmal stärker durch die Sonne erwärmt würde, als dies gegenwärtig der Fall ist. Das Resultat hiervon würde sein, dass sich ein äusserst beträchtlicher Theil der heute an der Erdoberfläche befindlichen Wassermassen in Gestalt von Wasserdämpfen in die Atmosphäre erheben und an gewissen Punkten als wahrhaft sündfluthartiger Regen niederschlagen würde, um in den heissen Regionen abermals in Dampf verwandelt zu werden und denselben Kreislauf zu wiederholen. Die äquatorealen Gegenden würden unter der furchtbaren Gluth der Sonne für alle organischen Wesen geradezu unbewohnbar, während die Polargegenden heisse Sommer und kaum weniger kalte Winter als gegenwärtig haben würden. —

In Bezug auf seine Grösse weicht der Planet Merkur beträchtlich von der Erde ab, denn sein Durchmesser beträgt nur 644 Meilen, seine Oberfläche also 1,300000 Quadratmeilen und sein körperlicher Inhalt 132,000000

Kubikmeilen. Der mittlere Erddurchmesser dagegen beträgt 1717 Meilen, die ganze Erdoberfläche umfasst 9,260000 Quadratmeilen und das Volumen 2650,000000 Kubikmeilen. Der körperliche Inhalt der Erde übertrifft daher denjenigen des Merkur mehr als 20mal, allein da dieser Planet im Durchschnitt 1,56mal dichter ist, als die Erde, so ist das Gewichtsverhältniss beider wie $12\frac{1}{3} : 1$, oder wenn man die Erde auf die eine Schale einer Wage legen könnte, so würde man in die andere mehr als 12 Kugeln von der Grösse und Dichte des Merkur legen müssen, um Gleichgewicht zu erhalten.

Nichtsdestoweniger dreht sich die kleinere Merkurkugel langsamer um ihre Axe als die Erde. Die Astronomen Schröter und Harding haben gefunden, dass die Gesamtdauer von Tag und Nacht auf dem Merkur 24 Stunden 5 Minuten beträgt. Ferner soll nach Schröter der Winkel zwischen dem Aequator des Merkur und der Bahnebene dieses Planeten 20 Grade betragen. Wenn diese Angabe richtig ist, so ist das Verhältniss der Jahreszeiten dort demjenigen auf unserer Erde ziemlich gleich, ebenso jenes der Tageslängen für die verschiedenen Epochen des Jahres und für die einzelnen Punkte der Merkuroberfläche. Aber die Dauer des ganzen Jahres sowohl wie der einzelnen Jahreszeiten ist dort weit kürzer, indem Frühling, Sommer, Herbst und Winter nur je drei Wochen dauern. Wegen dieser kurzen Dauer der Jahreszeiten würden sehr viele unserer Pflanzen auf dem Planeten Merkur nicht zur vollständigen Entwicklung gelangen können. Wollte man für die Lebensdauer der angenommenen Bewohner dieses Planeten dasselbe relative Alter annehmen, wie für die Bewohner der Erde, nämlich die Zeitdauer von durchschnittlich 50 oder 60 Umlaufsperioden des Planeten (oder Jahre), so würde das Leben eines Merkurbewohners nicht

mehr als $12\frac{1}{2}$ bis 15, im höchsten Falle 25 unserer Erdenjahre umfassen. Indess ist eine solche Annahme eine rein willkürliche, da wir nicht die geringsten Anhaltspunkte für die Begründung derselben besitzen. Wegen der geringen Masse des Planeten ist die Intensität der Schwerkraft an seiner Oberfläche beträchtlich geringer als auf der Erde, sie beträgt nur $\frac{3}{5}$ der letztern, und der Fallraum in der ersten Secunde ist 8,7 pariser Fuss, die Länge des einfachen Secundenpendels 1,8 pariser Fuss. Der Nachtseite des Merkur erscheinen der nächstfolgende Planet Venus und auch noch die weiter entfernte Erde als herrlich glänzende Gestirne. In günstiger Opposition, wenn der Planet Venus um Mitternacht für einen Beobachtungsort auf dem Merkur durch den Meridian geht, erscheint er dort unter einem Winkel von $68''$ und die Erleuchtung des Merkur durch die Venus ist dann nur 600mal schwächer als die Erleuchtung unserer Erde durch den Vollmond.

Im Ganzen genommen weiss man nur wenig von den Eigenthümlichkeiten des sonnennahen Merkur; aber wie vieles wieder, wenn Sie es mit dem vergleichen, was die Natur uns davon unmittelbar offenbarte! In dem funkelnden Lichtpunkte, der Abends dem niedersinkenden Tagesgestirne folgt, oder im Voraus, mit der Morgenröthe emporsteigt, den verschiedene Völker des Alterthums als Gottheit anbeteten, hat der himmelstürmende Verstand des Erdenbewohners einen Weltkörper erkannt, ähnlich dem, worauf er selbst sich befindet; er hat eine Atmosphäre und Gebirgserhebungen dort wahrgenommen und das Gestirn nach seiner Ausdehnung gemessen und nach seinem Gewichte wie auf einer Wage gewogen!

Der Planet Venus zeigt in mehrfacher Hinsicht eine grosse Aehnlichkeit mit unserer Erde. An Grösse und

Masse ist er ihr fast vollkommen gleich, so dass die Dichtigkeiten, Fallhöhen und Pendellängen an den Oberflächen beider Weltkörper nur wenig von einander verschieden sind. Auch die Umdrehungsdauer der Venus um ihre Axe ist nicht sehr von derjenigen der Erde verschieden, denn sie beträgt 23 Stunden 21 Minuten 22 Secunden. Gebirge von mässiger Höhe und eine Atmosphäre, deren Dichtigkeit etwas grösser ist als diejenige der Erde, zeichnen diesen Planeten aus. Die Sonne erleuchtet denselben im Durchschnitt mit etwa der doppelten Lichtmenge, welche die Erde erhält. Die Erde selbst erscheint für die Nachtseite der Venus bei günstiger Opposition in beträchtlichem Glanze. Sie erleuchtet alsdann diesen Planeten bloß etwa 800mal schwächer als ihre eigene Nachtseite durch den Vollmond erleuchtet wird. Die Jahresdauer für den Planeten Venus ist um mehr als ein Drittel kürzer als für die Erde, sie umfasst 224,7 unserer Tage oder 230 Venustage.

Wenn wir von den physischen Verhältnissen des Planeten Venus verhältnissmässig nur wenig wissen, so ist dies dem Umstande hauptsächlich zuzuschreiben, dass dieser Weltkörper uns dann, wenn er der Erde am nächsten ist, seine Nachtseite zuwendet und überhaupt durch seine grosse Nähe bei der Sonne für Beobachtungen seiner individuellen Natur wenig geeignet ist.

Nichtsdestoweniger haben die Beobachter auf der Bothkamper Sternwarte, die Kraft des dortigen grossen Refractors zu fleissigen Beobachtungen der Venus benutzend, neuerdings recht interessante Resultate erhalten, welche sie in folgender Weise zusammenfassen:

„Auf dem von der Sonne beleuchteten Theile der Venusoberfläche lassen sich unter günstigen atmosphäri-

sehen Verhältnissen verschiedene Lichtabstufungen, sowie auch helle und dunkle Flecken wahrnehmen, welche nur sehr langsame Veränderungen, sowohl in Bezug auf Gestalt, wie auf Position, zeigen. Diese Flecken sind meist unbestimmt begrenzt und heben sich nur so wenig von den umliegenden Theilen der Planetenscheibe ab, dass sie sich selbst bei guter Luft dem Auge des Beobachters nur intermittirend darstellen und daher nur sehr schwer und unsicher aufzufassen sind. Diesem Umstande mag es zum Theile zugeschrieben werden, dass das Aussehen des Planeten innerhalb einiger Stunden, ja sogar von einem Tage zum andern sich scheinbar nur wenig verändert. Man wird unter solchen Verhältnissen nur grössere Veränderungen zu beobachten im Stande sein.

Das nebelartige, verschwommene Aussehen der Flecke, sowie die — besonders zu der Zeit, wo die Venus als Sichel erscheint — auffallende Abnahme des Lichtes nach der Beleuchtungsgrenze machen es sehr wahrscheinlich, dass der Planet von einer Atmosphäre umgeben ist, in der eine sehr dicke und dichte Schicht von Condensationspunkten schwebt, und dass die Aufhellungen in dieser Schicht nie so weit gehen, dass sie deutlich markirte Flecken auf der Venusscheibe bedingen, oder einen Durchblick auf die Oberfläche des Planeten gestatten. Für die Annahme einer sehr dichten Atmosphäre sprechen auch die spectralanalytischen Beobachtungen. Die Spectra des Mars, Jupiter, Saturn, besonders aber des Uranus und Neptun zeigen eigenthümliche Banden, die man einer Absorption zuschreiben muss, welche das Sonnenlicht beim Durchgange durch die Atmosphäre dieser Planeten erleidet. Das Spectrum der Venus ist dagegen fast vollkommen mit dem der Sonne übereinstimmend, da die Sonnenstrahlen wahrscheinlich nur

bis zu einer geringen Tiefe in die Atmosphäre einzudringen vermögen und zum grössten Theile schon an der Wolkenschicht derselben reflectirt werden.

Unter diesen Verhältnissen scheint es unmöglich, aus den Flecken, die man auf der Oberfläche der Venus bemerkt, Schlüsse über die Rotationszeit oder die Lage der Rotationsaxe des Planeten zu ziehen.“

Eine merkwürdige Erscheinung, welche uns Venus gelegentlich zeigt, ist die matte Erleuchtung ihrer Nachtseite. Dieses Phänomen ist im Laufe der letzten 150 Jahre mindestens 22mal beobachtet worden, und zwar selbst am Tage und um die Mittagszeit in mittelmässigen Fernrohren. Zur Erklärung dieser seltsamen Erscheinung hat man früher an eine Erleuchtung durch den Merkur gedacht, neuerdings auch an elektrische Phänomene oder chemische Processe, doch sind diese Deutungen unzulässig. Ich habe schon vor mehreren Jahren darauf hingewiesen, dass die ganze Erscheinung im Zusammenhange mit dem von verschiedenen Beobachtern gesehenen, dann wieder als nicht existirend betrachteten Venusmonde stehe. Es lässt sich nämlich zeigen, dass jenes graue Licht nicht in den tieferen Theilen, nahe der Oberfläche des Planeten entsteht, indem sonst die Helligkeit gegen die Ränder der Venusscheibe hin, nach optischen Gesetzen für unsern Anblick abnehmen müsste. Die Atmosphäre, welche den Planeten umgibt, muss nämlich gegen den Rand hin nothwendig die von dort ausgehenden Lichtstrahlen schwächen, und zwar mehr schwächen, als die vom Mittelpunkte ausgehenden, weil jene einen ungleich grössern Weg in derselben zu durchlaufen haben, um zu unserm Auge zu gelangen. Man sieht beiläufig bemerkt leicht ein, wie derartige Betrachtungen von photometrischen Messungen unterstützt, uns zur Kenntniss der Lichtabsorption in der

Atmosphäre entfernter Planeten führen können. Wird dagegen ein mit einer Atmosphäre umhüllter Planet von aussen erleuchtet, so muss, wenn jene Dunsthülle nicht wie eine dichte Nebelschicht das Licht absorbiert, sondern vielmehr intensiv zurückwirft, der Rand um ein Gewisses heller als der Mittelpunkt der Planetenscheibe erscheinen. Dies findet nun bei dem secundären Lichte der Venus in der That statt, indem die Beobachter des Phänomens den Rand der Planetenscheibe sich meist scharf vom Himmelsgrunde abheben und bestimmt heller als die Mitte der Scheibe gesehen haben. Es ergibt sich sonach, blos auf optische Betrachtungen gestützt, der Schluss, dass jenes eigenthümliche Licht in der Venus Nachtseite wahrscheinlich nicht einer Phosphorescenz des Planeten zuzuschreiben ist, sondern dass es vielmehr der Widerschein einer Beleuchtung der Nachtseite durch einen andern Weltkörper ist, der aber weder die Erde noch der Merkur sein kann, und den man also folgerichtig nur mit dem vielbestrittenen, aber noch keineswegs als nicht existirend bewiesenen, Venusmonde in Verbindung bringen kann.

Wenden wir uns jetzt zu den oberen Planeten, denjenigen, deren Bahnen die Erdbahn umschliessen, so treffen wir zunächst auf den Mars.

Der Planet Mars kommt uns in günstiger Opposition bis auf 0,38 der Entfernung der Erde von der Sonne nahe, also bis auf $7\frac{3}{5}$ Millionen Meilen; er wendet dann der Erde seine volle beleuchtete Scheibe zu und gewährt uns die Möglichkeit, ihn mit starken Ferngläsern zu untersuchen. In der That kennt man auch von keinem der Hauptplaneten die Oberflächenverhältnisse so genau wie von diesem, und es gewährt einen eigenthümlichen Reiz, die Vertheilung des Starren und Flüssigen, der Continente

und Meere auf dieser Weltkugel zu betrachten und mit den analogen Verhältnissen unserer heimischen Erde zu vergleichen. Mit Befriedigung erkennen wir, dass auch dort in der Vorzeit Wasserstoff und Sauerstoff zu derselben chemischen Verbindung zusammengetreten sind, die wir hier Wasser nennen, und dass diese oceanischen Wassermassen dort eben so gut wie in den langen Winternächten unserer Polargegenden zu ungeheuren Eismassen erstarren, deren weisslicher Schimmer in unseren Teleskopen aus Distanzen von vielen Millionen Meilen noch deutlich erkennbar ist.

Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne beträgt 30,500000 Meilen, doch kann er sich derselben auf $27\frac{3}{5}$ Millionen Meilen nähern und bis zu $33\frac{1}{3}$ Millionen Meilen von ihr entfernen. Die Bahn dieses Planeten weicht also beträchtlich vom Kreise ab, ihre Excentricität ist 0,09225. Die Erleuchtung des Mars durch die Sonne beträgt im Perihel 0,52, im Aphel 0,36 von derjenigen, welche der Erde zu Theil wird. Das Tageslicht ist also dort gegen die Helligkeit desselben auf unserer Erde schon beträchtlich gedämpft. Wenn die Sonne für einen Ort auf der Marsoberfläche im Scheitelpunkte steht, so erleuchtet sie die rings herum liegenden Gegenden so hell wie bei uns, wenn sie nur noch etwa 20—25 Grade über dem Horizonte sich befindet. Ein Mensch, der von der Erde plötzlich auf den Planeten Mars versetzt würde, müsste demnach den Unterschied der Tageshelligkeit sofort bemerken und besonders beim Auf- und Untergange der Sonne müsste ihm deren Licht, welches in der sehr dichten Marsatmosphäre beträchtlich geschwächt wird, äusserst trüb und matt erscheinen.

Die tropische Umlaufszeit des Mars um die Sonne,

also das Jahr dieses Planeten, umfasst 686 Tage 22 Stunden 18 Minuten, nach Erdentagen gemessen.

Der wahre Durchmesser des Mars weicht nur unbedeutend von 900 Meilen ab, ist also nur wenig grösser als der halbe Erddurchmesser, übertrifft aber den Durchmesser des Merkur etwa um die Hälfte. Die gesammte Oberfläche des Mars erreicht nicht $\frac{3}{10}$ der Erdoberfläche, sein körperlicher Inhalt ist kaum $\frac{1}{7}$ des Erdvolums und seine durchschnittliche Dichte ist $\frac{7}{10}$ von derjenigen unseres Planeten.

Die Marskugel dreht sich in der Richtung von West nach Ost in je 24 Stunden 37 Minuten 22.6027 Sekunden einmal um ihre Axe. Der Aequator des Mars ist gegen die Bahnebene dieses Planeten $27^{\circ} 16'$ geneigt. Der Unterschied der Jahres- und Tageszeiten ist daher für den Mars etwas ausgeprägter wie für die Erde. Das Marsjahr umfasst 668 Marstage; dieselben vertheilen sich auf die Jahreszeiten, wie folgt:

der Frühling	dauert auf der nördl. Halbkugel 191 Marstage,
	auf der südl. 149 Marstage;
der Sommer	dauert auf der nördl. Halbkugel 181 Marstage,
	auf der südl. 147 Marstage;
der Herbst	dauert auf der nördl. Halbkugel 149 Marstage,
	auf der südl. 191 Marstage;
der Winter	dauert auf der nördl. Halbkugel 147 Marstage,
	auf der südl. 181 Marstage.

Frühling und Sommer zusammengenommen dauern daher auf der Nordhalbkugel des Mars 372 Tage, auf der südlichen Hemisphäre dagegen nur 296 Tage. Der Herbst und Winter der Südhalbkugel sind also 76 Tage oder mehr als $2\frac{1}{2}$ unserer Monate länger wie auf der Nordhälfte. Für den kürzern Frühling und Sommer wird die Südhalbkugel zwar insofern entschädigt, als der Planet

alsdann der Sonne am nächsten steht und die Sonnenhitze sehr intensiv ist, dafür sind auch die beiden Jahreszeiten Herbst und Winter um so kälter, da sie mit der Sonnenferne zusammenfallen. Umgekehrt ist es mit der nördlichen Halbkugel des Planeten, sie hat ein langes, gemässigttes Sommerhalbjahr und kurze gemässigte Herbst- und Winter. Man sollte nun zwar glauben, hierdurch fände im allgemeinen eine Compensation statt und jeder Halbkugel des Planeten komme durchschnittlich die gleiche mittlere Jahrestemperatur zu. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall. Die südliche Marshemisphäre ist vielmehr die überwiegend kühlere, wie die Beobachtungen der polaren Eiszonen des Planeten auf's klarste zeigen. Beer und Mädler haben im Frühlinge 1837, zu einer Zeit, wo die südliche Hemisphäre des Mars in ihrem Winter war, gefunden, dass die Eiszone des Südpols sich bis zum 55. Grade südlicher Breite, als eine zusammenhängende weisse Masse erstreckte, es ist diese Ausdehnung, wenn man irdische Verhältnisse zum Vergleiche herbeizieht, analog einer Ausdehnung der nördlichen Eismassen unserer Erde bis fast zu den deutschen Nord- und Ostseeküsten. Wenn dagegen der heisse Sommer über die südliche Halbkugel des Mars heraufzieht, so schmilzt die Eisdecke, welche im Winter einen grossen Theil dieser Hemisphäre verhüllt, äusserst rasch zusammen. Die genannten Astronomen haben gefunden, dass zu einer Zeit, welche für die Südhemisphäre des Mars etwa dem Juli unserer nördlichen Erdhalbkugel entspricht, die Grenze des Südpolarflecks des Mars sich bis 87° s. Br. zurückzieht. Das Abschmelzen des Eises geht also hier äusserst schnell vor sich, und in Folge dessen muss eine beträchtliche Menge von Wärme absorbirt werden, so dass im Allgemeinen das Klima der südlichen Halbkugel des Mars

gemässigt und feucht sein wird. Die Eiszone der nördlichen Hemisphäre dehnt sich niemals so weit aus als diejenige der südlichen, dafür schmilzt sie aber auch während des Sommers nicht so sehr zusammen, sondern behält stets einen Durchmesser von 12 bis 14 Graden der Marskugel, oder von etwa hundert deutschen Meilen. Im Jahre 1858 fand Secchi in Rom die Eiszonen des Mars in seinem grossen Instrumente von einer ungemein dicken und zusammengerollten Form. Der römische Astronom macht darauf aufmerksam, dass zu der Zeit, wenn einer der Pole seinen Sommer hat, die vordem weissen Regionen eine rosige Farbe angenommen haben, während gewisse bläuliche Streifen nicht merklich ihre Form ändern. Man kann diese Beobachtung am ungezwungensten dahin erklären, dass zur Sommerzeit die Eiskolosse der betreffenden Hemisphäre zusammenschmelzen, und die eigentliche Oberfläche des Mars, welche einen röthlichen Schimmer besitzt, sichtbar wird. Bei diesem beträchtlichen Aufthauen mit beginnendem Frühlinge muss selbstverständlich auch die Atmosphäre des Planeten in Mitleidenschaft gezogen werden, sie beladet sich mit Wasserdunst und die Durchsichtigkeit ist weit geringer wie im Sommer. In der That haben auch Beer und Mädler gefunden, dass die festen Oberflächentheile des Mars in ihrem Sommer am deutlichsten und reinsten erscheinen. Wenn die Wolken der Marsatmosphäre nicht grösser sind und nicht mehr Zusammenhang unter einander besitzen, als diejenigen, welche in unserm Luftkreise existiren, so muss man auf eine Wahrnehmbarkeit derselben von der Erde aus verzichten. In der That sind bis jetzt auch nur in einigen wenigen Fällen Andeutungen wolkenartiger Gebilde auf der Marsscheibe sichtbar geworden. Dieselben zeigen sich als helle kleine Flecken, die fast den Glanz der Schnee-

zonen erreichen. Hierdurch documentiren sich diese Wolken als völlig verwandter, ja identischer Natur mit denjenigen unserer Erde, indem das graue Gewölk, welches an trüben Wintertagen den ganzen Himmel bedeckt, tatsächlich sogar heller ist, als die reinste Schneedecke.

Neben den Schneezonen, welche die beiden Umdrehungspole umgeben, zeigt die Marsscheibe auch eine Vielzahl dunkler Flecken, die nichts anderes als continentale Massen und von helleren, Oceanen, umgeben sind. In merkwürdiger Uebereinstimmung mit der Vertheilung von Land und Meer auf unserer Erde, findet sich, dass auch auf dem Mars grössere, zusammenhängende Festländer rings um den Nordpol lagern, während der Südpol mehr von oceanischen Becken umgeben ist, obgleich im Allgemeinen beide Hemisphären gleich viel Land und Wasser zu besitzen scheinen.

Dem blossen Auge erscheint der Planet Mars sehr intensiv roth; im Fernrohre erblickt man die festen Oberflächentheile des Planeten von gelbrother Färbung. In dem Maasse, als ein Fleck durch die Rotation des Planeten dem Rande der Scheibe näher gebracht wird, erscheint er bleicher und verwaschener, bis er schliesslich, noch ehe er den Rand erreicht, unsichtbar wird. Dieser Umstand allein schon beweist das Vorhandensein einer ziemlich dichten Atmosphäre, welche den Planeten umgibt, und die sich auch bei den spectrokopischen Untersuchungen als vorhanden gezeigt hat.

Als Huggins unter sehr günstigen atmosphärischen Umständen das Spectrum des Mars untersuchte, fand er zu beiden Seiten der Linie D vierzehn schwarze Linien, die mit denjenigen zusammenzufallen schienen, welche im Sonnenspectrum sichtbar werden, wenn die Sonne sich dem Horizonte nähert. Die Atmosphäre des Mars scheint

daher ähnliche Gase und Dämpfe zu enthalten, wie die unserige. Auch Vogel fand bei seinen spectroscopischen Untersuchungen des Mars, dass die Zusammensetzung seiner Atmosphäre nicht beträchtlich von der unserigen abweiche, und dass sie vorzugsweise reich an Wasserdampf sein müsse. Die rothe Farbe dieses Planeten kann aber nicht von einer Absorption in der Marsatmosphäre herühren, da das von den Polarregionen reflectirte Licht, welches doch offenbar einen grössern Weg in dieser Atmosphäre zurücklegt, rein weiss ist. Es bleibt nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass die rothe Farbe der wahren Oberfläche des Planeten eigenthümlich ist. Zöllner hat die Lichtstärke des Mars in seinen Phasen untersucht und mit der theoretisch berechneten verglichen. Er findet, dass Unregelmässigkeiten in dieser Lichtintensität vorkommen, die sich unter der Annahme von bedeutenden Bergerhebungen und eines mittlern Elevationswinkels der Marsberge von 76 Grad erklären lassen. Bei unserm Monde beträgt, ebenfalls nach Zöllner, der durchschnittliche (theoretische) Elevationswinkel der Bergerhebungen 52 Grade. Nach allem zu urtheilen, was wir von dem Planeten Mars wissen, muss derselbe eine sehr grosse Aehnlichkeit mit unserer Erde besitzen, und es ist mir wenigstens stets sehr wahrscheinlich erschienen, dass dieser unser Nachbarplanet mit ähnlichen organischen Wesen belebt ist, wie unsere Erde auch. Diese könnten dort sogar eine weit beträchtlichere Grösse erreichen, wie bei uns, denn die Schwere an der Oberfläche beträgt daselbst kaum $\frac{2}{5}$ von der auf der Erde stattfindenden, und die Fallhöhe in der ersten Secunde ist auch nur $\frac{2}{5}$ der irdischen. Was hindert uns überhaupt anzunehmen, dass wir neben den Bewohnern des Mars uns wie Zwerge ausnehmen würden? Die Meinung, dass die grössten Planeten

auch von den grössten Geschöpfen bevölkert sein müssten, hat gegenüber der entgegengesetzten nur eine äusserst geringe Wahrscheinlichkeit. Denn auf einem grossen massigen Planeten ist auch die Schwere an der Oberfläche sehr beträchtlich; auf dem Jupiter z. B. würde ein Erdbewohner unter der Last seines eigenen Körpers kaum fortkommen können und auf der Sonne sogar unter einem Gewichte von 30 Centnern erliegen. Wenn dagegen, wie Sch w a b e vermuthet, auf dem Monde stellenweise eine beträchtliche Vegetation herrscht, so würde wenigstens in Rücksicht auf die Schwerkraft nichts hindern, nach Analogie unserer Erde dort Bäume von 900 bis 1200, ja bis 2000 Fuss Höhe anzunehmen, denn die Schwere ist an der Oberfläche des Mondes etwa 6mal geringer als an der Erdoberfläche, und auf letzterer hat man in Californien und Australien Baumriesen gemessen, deren Höhe über 350 Fuss beträgt. —

Jenseits des Planeten Mars treffen wir auf die grosse, noch immer nicht ganz entdeckte Schaar der Planetoiden oder kleinen Planeten. Sie bewegen sich in vielfach verschlungenen und gegen einander geneigten Bahnen um die Sonne innerhalb einer Zone, deren Breite den Abstand des Planeten Mars von der Sonne um 9 Millionen Meilen übertrifft. Es ist eine merkwürdige Stellung, welche diese Miniaturplaneten im Sonnensysteme einnehmen. Ihre Bahnen sind durchschnittlich stark abweichend vom Kreise und gegen die Erdbahn beträchtlich geneigt, dabei aber so in einander verschlungen, dass, wenn man sie sich durch ein körperliches Modell in Form von Reifen vorgestellt denkt, die ganze Gruppe herausgehoben wird, wenn man einen dieser Reifen heraushebt. Die Entstehung dieser Weltkörper und ihrer sonderbaren Bahnen kann nach der Laplace'schen Theorie nicht unmittelbar wie

diejenige der anderen Planeten dargestellt werden. Vielmehr muss man sich vorstellen, dass ein Nebelring, der sich von der Urmasse abtrennte und die Stelle der heutigen Planetoidenzone einnahm, unter der Anziehung des mächtigen Jupiter in viele einzelne Stücke zerfiel, die wir jetzt als Planetoiden wiederfinden. Olbers hat bekanntlich, bald nach Auffindung der ersten kleinen Planeten, die kühne Hypothese aufgestellt, diese Weltkörperchen seien Bruchstücke eines ehemaligen grössern Planeten, der durch eine gewaltige Katastrophe in mehrere Theile zerstückelt worden, welche nun als gesonderte Planeten ihre Bahnen beschrieben. Ist aber eine solche Katastrophe überhaupt möglich? Ich wage diese Frage nicht definitiv zu beantworten, und will nur so viel bemerken, dass sie jedenfalls äusserst unwahrscheinlich ist. Es ist schwer einzusehen, wie ein Planet durch innere Kräfte, also jedenfalls durch eine Art vulkanischer oder plutonischer Wirkung hätte in Stücke zersprengt werden können. Die mathematische Behandlung der Frage nach dem Ursprunge der Asteroiden durch Simon Newcomb hat neuerdings dahin entschieden, dass für diese ein gemeinschaftlicher Ursprung im Sinne der Olbers'schen Hypothese nicht angenommen werden kann, und dass die gemeinsame Richtung der Perihelien ihrer Bahnen, welche Mädler sogar auf eine Attraction der Fixsterne beziehen wollte, fast ausschliesslich durch die Anziehung des Jupiter bestimmt wird.

Die Kleinheit der Planetoiden hat bis jetzt physische Beobachtungen ihrer Oberflächen verhindert, ja selbst kaum bei dem einen oder andern dieser Miniaturplaneten directe Messungen ihrer Grösse gestattet. Die Nebelhüllen, welche anfangs Schröter und Herschel um einzelne Planetoiden gesehen haben wollen, und woraus sie auf diese

Körperchen umgebende Atmosphären von mehr als 100 Meilen Höhe schlossen, haben sich als optische Täuschungen erwiesen. Bis jetzt haben nur allein photometrische Bestimmungen einige Anhaltspunkte zur Beurtheilung der wahren Grössen der Planetoiden gewährt. Auf diesem Wege fand ich als Durchmesser des grössten Asteroiden, nämlich der Ceres 46 und der Vesta 43 Meilen, letzterer Werth nahe genug mit Mädler's freilich sehr unsicherm directem Versuche, der 66 Meilen ergab, übereinstimmend. Die kleinsten Planetoiden haben Durchmesser von 4 bis 5 Meilen. So erreicht die Gesamtoberfläche des Planetoiden Atalanta nicht 80 geographische Quadratmeilen. Ein Courierzug, der in jeder Stunde 10 deutsche Meilen zurücklegt, würde also dort in $1\frac{3}{4}$ Stunde die Reise um die Welt machen, ein Wanderer, der täglich 8 Stunden weit geht, in zwei Tagen seine Antipoden besuchen können. Das russische Reich übertrifft an Grösse die Oberfläche dieses Planeten 5000mal, und aus unserer Erde würden sich mehr als 40 Millionen Kugeln, deren jede so gross ist als der Planet Atalanta, bilden lassen. Hier haben wir also einen höchst engen Aufenthaltsort, wenn wir uns denselben von Menschen bevölkert denken, aber auch gleichzeitig liesse sich dort das Reich des ewigen Friedens etablirt wännen, indem es unwahrscheinlich ist, dass ein so kleiner Raum nicht über kurz oder lang unter die Herrschaft eines einzigen Gebieters kommen müsste. Wenn also jener Planetoid von vernünftigen Wesen bewohnt ist, so dürfen wir für dort an einen Weltherrscher denken, dessen Winken die Bewohner des ganzen Planeten gehorchen, der aber doch, nicht minder willenlos als seine Unterthanen fort und fort von dem kleinen Körperchen, das ihn trägt, um die Sonne herumgeführt wird, und auf dieser Reise dabei jeder Einwirkung folgt, die

der mächtige Jupiter auf dessen Bewegung ausübt. Wie klein erscheint die grösste menschliche Institution, wenn man sie von der Höhe kosmischer und kosmologischer Gesichtspunkte aus betrachtet!

Jenseits der Asteroidenbahnen kreist der gewaltige Jupiter, nach der Sonne der einflussreichste, weil massigste Planet in unserm ganzen Systeme. Seine mittlere Entfernung vom Centralkörper beträgt 104 Millionen Meilen und seine Umlaufszeit ist 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Minuten. Der Aequatordurchmesser dieses Planeten beträgt 19000, der polare Durchmesser oder die Umdrehungsaxe 17900 Meilen, die Abplattung $\frac{1}{17}$. Diese bedeutende Abplattung harmonirt mit der schnellen Umdrehungsdauer, denn die ungeheure Jupiterkugel dreht sich in der erstaunlich kurzen Zeit von 9 Stunden 55 Minuten 27 Secunden um sich selbst, so dass jeder Punkt des Aequators in jeder Secunde in Folge der Rotation einen Weg von 38000 pariser Fuss zurücklegt. Diese Geschwindigkeit der Umdrehung für einen Punkt des Aequators ist fast ganz genau gleich der mittlern Fortbewegungsgeschwindigkeit des Planeten in seiner Bahn um die Sonne.

Seinem Volumen nach übertrifft Jupiter die Erde 1300mal, dagegen ist seine Masse nur 338mal grösser als die Erdmasse, so dass seine mittlere Dichte kaum $\frac{1}{4}$ der durchschnittlichen Erddichte ist, oder etwa gleich dem $1\frac{1}{2}$ fachen des reinen Wassers. Wenn man nun bedenkt, dass die Dichte der Planeten gegen den Mittelpunkt hin sehr rasch wächst, so leuchtet ein, dass, wenn die durchschnittliche Dichte eines Planeten bloss $1\frac{1}{2}$ mal grösser als diejenige des Wassers ist, die Dichte an seiner Oberfläche in keinem Falle grösser als die des Wassers sein kann. Jupiter kann also an seiner Oberfläche kein Fest-

land aufweisen, sondern nur ein specifisch leichtes flüssiges Element, dessen genauere Natur noch zu bestimmen bleibt. Die Richtigkeit dieses Schlusses wird durch das Aussehen des Planeten in grossen Ferngläsern ganz und gar bestätigt. Die Scheibe zeigt sich nämlich von einer Anzahl hellerer und dunklerer Streifen durchzogen, die dem Rotationsäquator parallel laufen, genau so wie dies auf einer rotirenden Kugel, die aus flüssigem oder halbflüssigem Stoffe besteht, der Fall sein muss. Im Allgemeinen sind zwei Hauptbanden vorhanden, die eine hellere Zone einschliessen, welche die äquatoreale Gegend bezeichnet. Diese Region ist die hellste des Planeten, und zwar ist sie mehr als zweimal glänzender wie die Polarregionen. Die dunklen Streifen zeigen sich in starken Ferngläsern keineswegs homogen, sondern aus helleren und dunkleren Parthien zusammengesetzt. Häufig bemerkt man in ihnen sehr dunkle, ziemlich scharf abgegrenzte Flecke, die viel veränderlicher sind als die Streifen. Sie entstehen und vergehen unabhängig von diesen und zeigen neben der Rotationsbewegung der ganzen Jupiterkugel auch noch eigene Bewegungen, gleichsam als wenn sie durch Stürme getrieben würden. Man kann um so weniger daran zweifeln, dass Luftströmungen die Ursachen dieser Eigenbewegungen sind, als die Grösse derselben durchgängig auf Winde hindeutet, deren Schnelligkeit derjenigen unserer irdischen Luftströmungen entspricht. Zwar haben frühere Beobachter weit beträchtlichere Ortsbewegungen der Jupiterfleck zu erkennen geglaubt, bei Schröter kommen sogar Schätzungen vor, wonach die Geschwindigkeit jener Flecke die des Schalles mehr als achtmal übertreffen würde, allein diese Wahrnehmungen sind nicht sicher genug, um verbürgt werden zu können. Der Athener Astronom Schmidt allein hat im Jahre 1852 ein

merkwürdiges helles Gebilde auf der Jupiterscheibe beobachtet, das sich, in der Richtung der täglichen Bewegung des Jupiter um seine Axe, mit einer Geschwindigkeit von 28 Meilen in der Stunde bewegte, was freilich die Schnelligkeit unserer wüthendsten Orkane bei weitem übertrifft. Dergleichen Bewegungen scheinen jedoch nur äusserst selten und bloss unter sehr abnormen Verhältnissen vorzukommen.

Genauere Untersuchungen von Jul. Schmidt ergaben in den meisten Fällen Eigenbewegungen der Flecke in der Richtung von Ost nach West und seltener solche in der entgegengesetzten Richtung. Man könnte jenes Voreilen unter der Annahme erklären, dass die dunklen Flecke Massen sind, welche sich aus grösseren Höhen gegen die Oberfläche des Planeten herabsenken und daher wegen ihrer grössern absoluten Geschwindigkeit der Oberfläche des Jupiter in der Rotation voraufeilen müssen.

Die erste annehmbare Erklärung der Streifen des Jupiter gab William Herschel. Der grosse Beobachter machte darauf aufmerksam, dass die helleren Theile der Scheibe Wolkengebilde seien, welche das Sonnenlicht stärker zurückwerfen als die wahren Oberflächentheile des Jupiter, die uns deshalb dunkler erscheinen. Die Anordnung der Streifen, parallel dem Jupiteräquator, hatte schon der geistreiche Fontenelle mit der Existenz von Luftströmungen in Zusammenhang gebracht und dabei an Analoga unserer Passatwinde gedacht. Auf unserer Erde haben bekanntlich die unteren Passate in der nördlichen Hemisphäre die Richtung Nordost, in der südlichen Südost und zwar erfahren diese Luftströme die Ablenkung gegen Osten in Folge der Erdumdrehung. Nun ist diese aber mehr als 22mal langsamer wie die Rotationsbewegung des Jupiter; unter gleichen Verhält-

nissen muss daher auf diesem Planeten die Ablenkung der strömenden Massen nach Ost ganz unvergleichlich stärker sein, oder mit anderen Worten, diese Strömungen müssen sich fast ganz parallel zum Aequator stellen, wie es auch in der That der Fall ist. Dem entsprechend haben Chacornac und Mädler nur eine äusserst geringe, kaum zu verbürgende Neigung des südlichen Hauptstreifens gegen den Aequator des Planeten finden können, und auch Lohse fand auf der Bothkamper Sternwarte, dass der Nordstreifen Jupiter's in den Jahren 1871 bis 1873 geringe und rasch veränderliche Neigungen gegen die Rotationsrichtung besass. Die mehr nach den Polen hin liegenden Streifen zeigen dagegen häufig stärkere Neigungen gegen den Aequator, wie dies auch nach der eben gegebenen Erklärung nicht anders erwartet werden kann. Schwabe, der den Jupiter sehr viel beobachtet hat, bemerkt, dass die Farbe der beiden die Aequatorealzone des Planeten einfassenden Hauptstreifen dunkelgrau, oft braun und rothbraun sei, und dass ihre dem Aequator zugekehrten Grenzen am dunkelsten und beständigsten erscheinen, so dass, wenn der eine oder der andere Streifen verschwunden zu sein scheint, der nördliche an seiner südlichen, der südliche an seiner nördlichen Grenze kennbar bleibt. Die graue Farbe der Streifen fand Schwabe dadurch hervorgerufen, dass dieselben von äusserst feinen, parallelen Längelinien durchzogen werden. Nach den Messungen, welche Arago angestellt, ist der südliche Hauptstreifen des Jupiter durchschnittlich um $\frac{1}{4}$ breiter als der nördliche und die Lage beider gegen den Planetenäquator scheint einer periodischen Aenderung zu unterliegen.

Eine merkwürdige Erscheinung ist die röthliche Färbung der äquatorealen Zone des Jupiter zu gewissen Zeiten, ferner — worauf Lohse mit Nachdruck hin-

weist — das Auftreten gefärbter Streifen in den letzten Jahrzehnten und die Bildung von hellen, eiförmigen Flecken in der Aequatorialzone Jupiters gleichzeitig mit den Epochen des zahlreichsten Auftretens der Sonnenflecke. Der Zusammenhang beider Erscheinungen ist zur Zeit noch ein sehr räthselhafter.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der atmosphärischen Schichten des Jupiter unter den verschiedenen Breitengraden ist neuerdings genau von Dr. Lohse untersucht worden. Es ergab sich, dass im Allgemeinen in den mittleren Breiten des Planeten eine grössere Stabilität der oberen Schichten der Atmosphäre stattfindet, als in der Nähe des Aequators, woselbst die Geschwindigkeit der rotirenden Massen in der Regel durch Winde vergrössert wird. Es ist naheliegend, in der hellen äquatorealen Region des Jupiter ein Analogon unserer Calmenregion zu sehen, wo die unter dem Einflusse der heissen Sonne aufsteigenden warmen Luftmassen ihren Wasserdampf in wolkenbruchartigen Regengüssen tagtäglich niederschlagen. Von Planetenentfernung aus gesehen, muss auch diese Region unserer Erde als ein heller Streifen erscheinen, der allerdings nicht über dem Aequator, sondern in Folge der Vertheilung des festen Landes auf der Erde, nördlich davon liegt. Die beiden dunklen Streifen des Jupiter zu beiden Seiten der centralen Region, müssen als diejenigen Gegenden betrachtet werden, welche verhältnissmässig am wenigsten bewölkt sind. Bei unserer Erde ist dies ähnlich der Fall, indem die nördlich und südlich von der Calmenzone liegenden Gegenden in Folge der Passatwinde sich einer klaren Atmosphäre und nur geringer Bewölkung erfreuen. Der in der Region der Calmen aufgestiegene Luftstrom senkt sich, wie bekannt, nach und nach erkaltend wieder auf den Erdboden herab, um, neuerdings dem

Aequator zuströmend, denselben Kreislauf zu wiederholen. Wo dieser obere Passatwind herabkommt, trübt er die Atmosphäre und bringt Gewölk und Regen, so dass von Planetenentfernung aus gesehen, auch diese Zone der Erdoberfläche heller als die anderen Theile der Scheibe erscheinen muss. Diese helleren Streifen auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre können sich aber in keinem Falle so glänzend und scharf begrenzt darstellen, als die helle Zone, welche die Calmenregion darstellt. Denn diese letztere wird bezeichnet durch einen mächtigen aufsteigenden Luftstrom, dessen Grenzen ungleich schärfer markirt sind, als diejenigen des nach und nach herabkommenden und sich allmählig mit den niederen Luftschichten vermischenden Stromes. Auch können diese Zonen des aufsteigenden und herabkommenden Passats nicht das ganze Jahr hindurch ihre Lage auf der Erdoberfläche unverändert beibehalten, denn die Sonne bewegt sich während des Jahres zwischen den beiden Wendekreisen, sie bleibt also ein halbes Jahr nördlich und ein halbes Jahr südlich vom Aequator, und dieser jährlichen Bewegung folgt die Region der Calmen. Wenden wir uns nun wieder dem Planeten Jupiter zu, so finden wir die merkwürdigste Uebereinstimmung zwischen den allgemeinen meteorologischen Verhältnissen unserer Erde und den Erscheinungen, welche man auf der Oberfläche jenes Planeten beobachtet hat. Die ungleich scharfe Begrenzung der beiden dunklen Hauptstreifen des Jupiter erklärt sich sehr ungezwungen aus dem bereits bei der Erde erwähnten Umstande, dass in der äquatorealen Region ein ungeheures, compactes Aufsteigen der Luftmassen und damit eine scharf abgeschiedene Wolkenbildung stattfindet, während das Herabkommen der Luftmassen in den nördlichen oder südlichen Gegenden nur allmählig vor sich geht und die

Zwischenzonen verhältnissmässig dunstleer (und dunkel) erscheinen. Diese Zwischenzonen stellen sich unserer Wahrnehmung als Streifen dar und letztere müssen daher an ihrer dem Aequator zugewandten Seite schärfer begrenzt erscheinen als an der polaren. Weil aber auch für den Planeten Jupiter die Sonne nicht das ganze Jahr hindurch im Aequator steht, sondern ihre Bahn mit diesem einen Winkel von $3^{\circ} 6'$ macht, so muss die helle Zone dieses Planeten (das Analogon unserer Calmenregion) im Verlaufe eines Jupiterjahres um einen geringen Betrag ihre Lage verändern, und in der That scheinen die Beobachtungen Arago's eine solche Veränderung anzudeuten.

Wir können uns auf diese Weise vollkommen gut von den Streifen des Jupiter und ihren Veränderungen Rechenschaft geben; aber für was sollen wir die schwarzen Flecken ansehen, welche bisweilen in den Streifen sichtbar werden? Als wolkenartige Gebilde wohl schwerlich, denn Wolken, analog denjenigen, welche wir zur Erklärung der hellen Zone und der Streifen des Jupiter annehmen, müssen hell erscheinen.

Man könnte dagegen annehmen, die schwarzen Flecken und die damit in Verbindung stehenden dunklen Streifen und Striche seien Verbrennungsproducte, etwa Wolken schwarzer vulkanischer Asche, deren fein zertheilte Masse in der Atmosphäre schwimmend gedacht würde. Allein in diesem Falle müssten, wie Zöllner richtig hervorhebt, diese Streifen bei weiterer Entfernung ihrer Endpunkte immer dünner und feiner werden, da sich dieselbe Masse der dunkeln Substanz über einen grössern Raum ausdehnt. Den Beobachtungen zufolge findet aber gerade das Gegentheil statt und die Streifen werden breiter und dunkler. Zöllner glaubt daher, dass die Streifen nichts anderes als Risse in der Wolkendecke sind, welche den Jupiter umhüllt.

Die dunklen Flecke müssen also wohl Theile der wahren Jupiteroberfläche sein, welche frei von allem Wolkenflor unseren Blicken erscheinen. Wie aber die nämlichen Flecken Ortsveränderungen zeigen, welche eigene Bewegungen derselben verrathen, so müssen wir annehmen, dass die Ursache, welche von Zeit zu Zeit den Wolkenschleier über einzelnen Regionen des Planeten zerreisst, örtlich wechselnd ist, so dass es uns scheint, als bewegten sich die Flecken, während in der That nur die Auflösung und Neubildung des Wolkenschleiers voranschreitet. Diese Erklärung habe ich früher für weniger wahrscheinlich gehalten, weil sie die Consequenz nach sich zieht, dass auch Saturn, Uranus und Neptun von dichten, das Licht stark reflectirenden Wolkenschichten umgeben sein müssen, und dass von ihren Trabanten das Gleiche gilt. Diese Consequenz muss aber nach den photometrischen Untersuchungen von Zöllner in der That gezogen werden. Es hat sich nämlich hierbei das überaus merkwürdige Resultat ergeben, dass die lichtreflectirende Kraft, oder mit anderen Worten, die Weisse der oberen Planeten vom Jupiter an, eine ganz ausserordentlich grosse ist, sie ist z. B. für Jupiter und Uranus fast der des weissen Papiere gleich! Beständen die Oberflächen dieser Planeten durchweg aus weissem Sandsteine, so würden uns dieselben nur ein Drittel so hell erscheinen, wie es jetzt der Fall ist; beständen sie aus Quarzporphyr, so würden beide Planeten nur $\frac{1}{6}$ so hell erscheinen, wie gegenwärtig, oder Jupiter würde als ein Stern zweiter bis dritter Grösse, Uranus kaum als ein Sternchen achter bis neunter Grösse erscheinen. Wäre die Weisse des Planeten Mars so bedeutend wie diejenige des Jupiter, so würde derselbe uns fast zweimal so hell erscheinen müssen als der letztere Planet. Die lichtreflectirende Kraft des Mars

ist beträchtlich kleiner als diejenige des Jupiter und nähert sich derjenigen unserer Erde, so dass in dieser Beziehung zwischen beiden Weltkörpern eine Aehnlichkeit stattfindet, die wir bei den grossen Planeten jenseits der Zone der Asteroiden vermissen. Bereits früher hat man die Vermuthung aufgestellt, dass Jupiter und Saturn noch nicht in den Zustand der Consistenz übergegangen seien, welchen wir bei unserer Erde wie überhaupt bei den inneren Planeten annehmen müssen, dass vielmehr die Riesenplaneten gegenwärtig noch in einem Stadium der Hitze seien, das sich sogar durch eine schwache Lichtentwicklung kundgebe. Die Thatsache, dass bei den Vorübergängen der Jupitersmonde vor der Scheibe dieses Planeten, die Schatten derselben in tiefster Schwärze erscheinen, ist aber gegen die Annahme eines Selbstleuchtens des Jupiter geltend gemacht worden. In neuester Zeit hat indess der mit allen optischen Erscheinungen so überaus vertraute Physiker Zöllner darauf hingewiesen, dass die tiefe Schwärze der Schatten, welche die Jupitersmonde bei ihren Vorübergängen auf die Planetenscheibe werfen, bloss eine Contrasterscheinung sei und keineswegs gegen die Annahme spreche, dass der Jupiter ein gewisses eigenes Licht ausstrahle. Welche Täuschung solche Contrasterscheinungen hervorrufen können, davon bieten die Sonnenflecke ein eclatantes Beispiel dar. Beobachtet man die Sonnenscheibe, wobei man sich selbstverständlich eines Blendglases bedient, so erscheinen die Flecke, welche man auf der Scheibe wahrnimmt, durchaus schwarz; hat man aber Gelegenheit, bei einem der Vorübergänge der unteren Planeten vor der Sonne die wirklich schwarze, weil von keinem Lichtstrahle getroffene Nachtseite derselben mit der Dunkelheit der Flecken zu vergleichen, so erkennt man sofort, dass diese letzteren lichtbraungrau sind, ja

der ältere Herschel hat aus gewissen Schätzungen gefunden, dass im Durchschnitt ein Sonnenfleck noch immer mehr als viertausendmal heller ist, wie eine gleich grosse Fläche des Vollmondes. Man ersieht hieraus, dass die Vermuthung Zöllner's über das Selbstleuchten des Jupiter durchaus nicht so unbegründet ist, als sie auf den ersten Anblick erscheinen möchte. Ein englischer Beobachter, Browning, hat im Jahre 1869 Beobachtungen des Jupiter angestellt, welche ebenfalls mit der Annahme, dass auf diesem Planeten grosse, von Lichtentwicklungen begleitete Veränderungen vor sich gehen, harmoniren. Er fand, dass die Streifen damals eine beträchtliche Mannigfaltigkeit in ihren Färbungen darboten. Der helle Aequatorialstreifen erschien bisweilen mit Flecken bedeckt, welche die Form von Haufenwolken besassen. Ehemals glich er in Bezug auf Glanz und Farbe grauem Silber oder Perlmutter, aber in den Monaten October und November 1869 war er tiefgelb und galvanisch niedergeschlagenem Golde vergleichbar. Schliesst man, sagt Browning, aus dem, was wir von der Beschaffenheit unseres Mondes, des Planeten Mars und unserer Erde wissen, so können wir uns vorstellen, dass der Planet Jupiter noch immer eine so hohe Temperatur besitzt, dass er flüssiges Wasser an seiner Oberfläche nicht bewahren kann. Diese Annahme ist um so sicherer, als das specifische Gewicht dieses Planeten nur anderthalbmahl dasjenige des Wassers übertrifft. Unsere Messungen geben uns nur die äussersten Grenzen der wolkigen Hülle an, welche den Planeten umschliesst, wir kennen aber keineswegs deren Tiefe, so dass uns jeder Anhaltspunkt zur Bestimmung des specifischen Gewichtes des Kernes fehlt. Wenn einst in späteren Zeiten der Planet mehr und mehr erkaltet sein wird, so muss sich endlich seine Dunsthülle condensiren, vielleicht zum

grossen Theile zu Wasser und die Scheibe des Jupiter wird einen kleinern Durchmesser zeigen. Wir selbst können allerdings nicht hoffen, diese Abnahme noch nachzuweisen, aber unsere Messungen werden die Astronomen der Zukunft in den Stand setzen, dieselbe wahrzunehmen. Redtenbacher hat eine Berechnung der anfänglichen Temperaturen der Sonne und der Planeten versucht. Diese Bestimmung geht natürlich von gewissen hypothetischen Voraussetzungen aus und kann deshalb auf strenge Richtigkeit keinen Anspruch machen, allein sie genügt vollkommen, um von den Anfangszuständen einen allgemeinen Begriff zu verschaffen. Hiernach betrug die Initialtemperatur des Sonnenballs 178,000000 Grade, die des Jupiter 1,660000 Grade, und diejenige der Erde 55000 Grade. Nun hat sich allerdings der Planet Jupiter ungleich früher aus dem grossen Sonnennebel oder vielmehr aus einem Nebelringe desselben gebildet, als die Erde, allein dafür war auch seine Temperatur dreissigmal beträchtlicher als diejenige unsers Planeten. Wenn wir daher unsern Weltkörper gegenwärtig an seiner Oberfläche und wahrscheinlich auch in seiner ganzen Masse schon erkaltet finden, so dürfen wir daraus nicht auch ohne Weiteres schliessen, dass auch der Jupiter schon seine sämtliche Wärme verloren haben müsse.

Wichtig bei der Frage, ob Jupiter noch gegenwärtig einen irgend merklichen Theil von eigenem Lichte aussendet, sind die Aussagen des Spectroskops, dieser treuen und endlosen Sonde, wenn es gilt, die Tiefen des Raumes zu durchforschen. In dieser Beziehung haben Huggins und Secchi übereinstimmend gefunden, dass das Spectrum des Jupiter im rothen Theile einige schwarze Streifen zeigt, die im Sonnenspectrum fehlen. Man kann diese Erscheinung auf verschiedene Weise erklären. Nimmt

man an, Jupiter sei nicht selbstleuchtend, so muss man schliessen, dass die dunkeln Linien in der Wolkenhülle desselben absorbirt werden; nimmt man dagegen an, Jupiter sei merklich selbst leuchtend, so müssen jene Linien von gewissen Substanzen herrühren, die entweder auf der Sonne nicht vorkommen, oder sich nicht durch Absorptionswirkung für uns bemerklich machen, während sie auf dem Jupiter im Zustande der Verbrennung sich befinden, und ihre hellen Linien in den Dämpfen derselben Substanzen, welche die Atmosphäre des Planeten erfüllen, absorbirt werden.

Browning hat mit einem grossen Instrumente in dem gelblichgrünen Theile des Jupiterspectrums eine Menge von feinen dunkeln Linien wahrgenommen, die dem normalen Sonnenspectrum fehlen, und grosse Aehnlichkeit mit den dunkeln Linien unserer Atmosphäre besitzen, die man bemerkt, wenn die Sonne niedrig steht. Die genauesten Untersuchungen des Jupiter-Spectrums sind auf der Sternwarte Bothkamp angestellt worden. Die dunkle Bande in Roth, welche das Spectrum besonders charakterisirt, kommt merkwürdiger Weise, wie Vogel hervorhebt, auch in den Spectren einiger rothen Fixsterne vor. Es spricht dies dafür, dass jene Bande eine Eigenthümlichkeit des, heute allerdings nur noch schwachen, eigenen Lichtes des Jupiter ist. Vor vielen Myriaden von Jahren, als dieser Planet noch in sehr merklichem Grade selbstleuchtete, muss unsere Sonne, aus Fixsternentfernung gesehen, sich als Doppelstern dargestellt haben, dessen Componenten ungleiche Spectra besassen. Manche heutige Doppelsterne mit schwachen Begleitern — und diese letzteren erscheinen häufiger roth als die Hauptsterne — werden in sehr entfernter Zukunft einfach erscheinen, weil die Leuchtkraft des Begleiters nach und nach erlischt, wäh-

rend der Hauptstern noch Licht genug besitzt, um als Fixstern wahrgenommen werden zu können.

Es ist klar, dass wenn der Planet Jupiter gegenwärtig noch in einem Stadium sich befindet, in welchem er eigenes Licht aussendet, an eine Bewohnbarkeit seiner Oberfläche von lebendigen Wesen nicht im Entferntesten gedacht werden kann. Dieser ungeheure Körper hat sich also seit den unzählbaren Jahrmillionen, während deren er existirt, um die Sonne bewegt, ohne je der Schauplatz von organischem Leben geworden zu sein, während die viel kleinere und jüngere Erde schon seit sehr langer Zeit mit lebendigen Wesen bevölkert ist, und die Krone derselben, der Mensch, bereits einen Grad der Intelligenz erreicht hat, der ihm gestattet, seine Blicke auf die Vergangenheit und Zukunft des Weltorganismus, dem er angehört, zu werfen.

Während unser Planet Erde nur einen Mond oder Trabant (Satellit) besitzt, wird der gewaltige Jupiter von vier Monden umkreist. Dieser Mondreichthum, den wir bei einem Planeten jenseits des Jupiter in noch beträchtlichem Maasse antreffen, kann nach den Vorstellungen, die wir über die Entstehungsgeschichte der planetarischen Welt gewonnen haben, durchaus nicht überraschen.

Die Dunstkugeln, aus denen sich die oberen Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun im Laufe von Millionen Jahrhunderten gebildet, waren von Anfang an bedeutend grösser als diejenigen, welche die Embryo's der inneren Planeten bildeten. Hierzu kommt die grössere Hitze und dadurch veranlasste beträchtlichere Ausdehnung bei geringerer Dichtigkeit der Nebelbälle der oberen Planeten, während bei den entsprechenden Bällen, aus denen sich die inneren Planeten, Merkur, Venus, Erde und Mars

bildeten, schon eine bedeutend grössere Erkaltung und Concentration der Materie eingetreten sein musste.

Unter solchen Verhältnissen begreift man ohne Schwierigkeit, dass bei den secundären Dunstkugeln, welche später den Planeten Jupiter, Saturn u. s. w. ihr Dasein gaben, eine nochmalige Ringbildung viel leichter und häufiger sich vollziehen musste, als bei den Nebelmassen, aus welchen Merkur, Venus, Erde und Mars hervorgingen. Wir müssen daher den grossen Reichthum der oberen Planeten an Monden als etwas mit Nothwendigkeit aus der Laplace'schen Theorie der Entstehung unsers Sonnensystems Resultirendes ansehen und darin einen neuen, indirecten Beweis zu Gunsten derselben erblicken. Der Grund, weshalb von den inneren Planeten gerade die Erde und nicht der an der äussern Grenze dieser Regionen stehende Mars einen Mond erhielt, ist auch leicht nachzuweisen. Der Planet Mars ist nämlich, wie ich bereits mitgetheilt habe, sehr klein und von verhältnissmässig geringer Masse. Die Dunstkugel, aus welcher er im Beginne seines individuellen Daseins hervorging, war nicht ausgedehnt genug, um sich bei ihrer Rotation in einen Ring nebst centraler Masse zu zertheilen, ihre Rotation erreichte auch niemals eine gewisse von den mondbegleiteten Planeten überschrittene Grenze. So finden wir denn auch noch heute, dass der mondlose Mars die langsamste Rotation von allen Planeten besitzt. Bei der geringen Masse dieses Planeten würde zudem ein Mond, der ihn in derselben Zeit umkreiste, wie unser Mond die Erde, eine Entfernung von noch nicht 20,000 Meilen vom Marsmittelpunkte besitzen.

Die vier Monde, welche den Jupiter umkreisen, stehen in grösseren Abständen von diesem, als unser Mond von der Erde. Beim ersten Monde beträgt der Abstand vom Mittelpunkte des Jupiters 57,500 geograph. Meilen,

beim zweiten 91,400, beim dritten 145,800, beim vierten 256,500 geographischen Meilen. Wegen der weit diejenige der Erde übertreffenden Masse des Jupiter, umkreisen diese Monde jedoch den Planeten in weit kürzerer Zeit als unser Mond gebraucht, um seine Bahn um die Erde zu beschreiben. Die wahre Umlaufszeit des ersten Jupitermondes beträgt 1 Tag 18 Stunden 27 Minuten 33.505 Secunden. Diejenige des zweiten 3 Tage 13 Stunden 13 Minuten 42.040 Secunden. Die siderische oder wahre Umlaufszeit des dritten Jupitermondes ist 7 Tage 3 Stunden 42 Minuten 33.360 Secunden und endlich diejenige des vierten 16 Tage 16 Stunden 32 Minuten 11.271 Secunden. Jupiter mit seinen Trabanten bietet uns ein Bild des Sonnensystems im Kleinen dar, alle Bewegungserscheinungen des Planetensystems spiegeln sich in verkleinertem Maasse in den Bewegungen und Störungen der Jupitermonde ab. Schon bald nach Erfindung des Fernrohres hat die Entdeckung der kleinen Jupiterwelt sehr viel zur Ausbreitung der Copernikanischen Weltanschauung beigetragen. Man sah hier in der That durch das Fernglas einen centralen Weltkörper, von vier kleineren in verschieden langen Zeiträumen umkreist, man sah mit leiblichen Augen in den fernen Regionen des Himmels an mächtigen Weltkörpern ein getreues Abbild dessen, was das geistige Auge des unsterblichen priesterlichen Astronomen von Thorn, des gleich kühnen wie scharfsinnigen Copernikus, im ganzen Sonnensysteme längst erschaut hatte.

Die Beobachtungen haben uns über die Zustände der „Jupiterwelt“ eine Reihe sehr werthvollen Materials kennen gelehrt, sowohl was die Beziehungen der vier Monde zu einander und zu ihrem Centralkörper, dem Jupiter selbst, als auch was die individuelle Natur jedes dieser Monde an und für sich anbelangt.

Der erste oder innerste Jupitermond hat etwa 500 Meilen im Durchmesser, er ist also um ein Geringes, etwa um $\frac{1}{11}$ im Durchmesser grösser als unser Erdmond. Seine Masse beträgt nach den Untersuchungen von Laplace etwa $\frac{1}{37700}$ der Jupitermasse. Da nun diese letztere 305mal grösser ist, als die Erdmasse, so beträgt die Masse des innersten Jupitermondes etwa $\frac{1}{190}$ der Masse von unserer Erde. Die Masse unseres Mondes ist ungefähr $\frac{1}{80}$ von der Masse der Erde, sonach verhält sich also der erste Jupitermond zu unserm Monde rücksichtlich seiner Masse wie 80 : 190 oder wie 1 : $2\frac{3}{8}$. Trotz seiner bedeutenderen Grösse ist also der innerste Jupitermond an und für sich weniger schwer als der Mond unserer Erde, er muss demnach aus einem lockerern, weniger dichten Stoffe bestehen wie dieser. Seine Dichtigkeit ist in der That sehr gering, sie beträgt $\frac{1}{5}$ von der Dichte der Erde, kommt demnach der Dichte des Jupiter und derjenigen des Wassers sehr nahe. Dieser Mond, von dem wir, wie von allen kugelförmigen Himmelskörpern, annehmen müssen, dass er nach seinem Mittelpunkte zu immer dichter wird, kann demnach an seiner Oberfläche keinen festen Stoff von gleichem specifischen Gewichte wie das Wasser haben, ja tropfbarflüssiges Wasser kann unter keinen Umständen an seiner Oberfläche vorhanden sein. Wir haben gefunden, dass das Nämliche auch vom Jupiter selbst gilt; allein wenn ich bei diesem Planeten mit Recht darauf hinweisen durfte, dass er wegen seiner enormen Grösse gegenwärtig an seiner Oberfläche noch nicht gänzlich erkaltet sei, so können wir diesen Schluss auf die Monde dieses Planeten nicht ohne Weiteres übertragen. Denn aus demselben Grunde, weshalb die Erde schon erkaltet ist, während der gewaltige und ältere Jupiter noch nicht in dieses Stadium getreten, müssen auch

die Monde desselben bereits erkaltet sein. Nehmen wir dies aber an, so ist es schwer, das glänzend helle Licht des innersten Jupitermondes anders zu erklären als durch eine ungeheure und mächtige zusammenhängende Wolken-
schicht, welche den festen Kern dieses Mondes umhüllt. Haben wir aber sonst einen zwingenden Grund zu dieser Annahme? Ich wüsste keinen; wohl aber liesse sich ein solcher unter der Annahme finden, dass auch der innerste Jupitermond sich noch nahezu in demselben Stadium der Hitze befinde, wie Jupiter selbst. Was ist aber die weitere Consequenz einer solchen Annahme? Offenbar wie Sie leicht einsehen, die, dass die Entstehung des innersten Jupitermondes, als eines selbstständigen kugelförmigen Trabanten, ein Ereigniss von verhältnissmässig noch jungem Datum ist. Dieser Jupitermond kann in keinem Falle auch nur entfernt so lange existiren, als der Planet Jupiter selbst, er ist vielmehr wahrscheinlich erst zu einer Zeit entstanden, als das ganze heutige Planetensystem sich schon gebildet hatte, ja als unser Erdmond schon längst vorhanden, vielleicht schon fast erkaltet war. Dieses letztere muss man daraus schliessen, weil unser Mond, der dem ersten Jupitermonde an Volumen ungefähr gleich kommt, schon längst erstarrt ist. Wenn es uns Menschen also möglich wäre, den Jupiter mit unseren Ferngläsern in dem Zustande zu sehen, welchen er besass, als unsere Erde sich in der cambrischen oder silurischen Zeit befand, so würden wir höchst wahrscheinlich den Jupiter noch mit einem Ringe umgeben erblicken. Wem eine solche Schlussfolgerung, die auf den ersten Anblick allerdings etwas Ueberraschendes hat, zu gewagt erscheinen sollte, Den möchte ich darauf aufmerksam machen, dass, wenn er in der cambrischen oder silurischen Zeit den Jupiter von einem Ringsysteme umgeben, würde erblickt haben:

er nichts anderes gesehen hätte, als was er in unserer heutigen Zeit noch jeden Tag bei dem Planeten Saturn sehen kann. — Schon der ältere Cassini war darauf aufmerksam geworden, dass einzelne Jupitermonde, unter ihnen auch der erste, einen verschiedenen Glanz zeigen, je nach der Stellung, welche sie in ihrer Bahn einnehmen. Der ältere Herschel verfolgte diese Bemerkung mit Ausdauer weiter. Er entwarf sich Zeichnungen von den Bahnen der Jupitermonde und bemerkte diejenigen Punkte in diesen Bahnen, woselbst die Monde ihren grössten und geringsten Glanz zeigten. Auf diese Weise ermittelte er, dass der erste Jupitermond seine bedeutendste Helligkeit zeigt, wenn er zwischen der Conjunction und der grössten östlichen Digression sich befindet. Diese Thatsache lässt sich leicht erklären, wenn man annimmt, dass der genannte Mond an gewissen Theilen seiner Oberfläche schon mit einer festen, schlackenartigen Kruste bedeckt ist, und dass sich derselbe in der nämlichen Zeit einmal um seine Axe dreht, welche er gebraucht, den Jupiter zu umkreisen. Unter diesen Verhältnissen muss er uns nämlich periodisch seine glänzendste und seine dunkelste Seite zuwenden und die Zeit seines hellsten oder schönsten Glanzes muss mit einer und derselben Stellung des Mondes in seiner Bahn zusammenfallen. Es ist interessant, durch neue Beobachtungen zu ermitteln, ob die Angaben Herschel's auch heute noch gültig sind. In diesem Falle dürfte man schliessen, dass die Schlackenmassen bereits eine erhebliche Festigkeit erlangt haben, der Mond also rasch seiner gänzlichen Erstarrung entgegengeht. Der Astronom Engelmann in Leipzig hat sich neuerdings mit Untersuchungen der Helligkeit der Jupitermonde beschäftigt. Er findet das Reflexionsvermögen derselben keineswegs unveränderlich, doch sind die Abweichungen so unregelmässig, dass

sich für die drei innersten Monde eine periodische Wiederkehr nicht behaupten lässt.

Der zweite Jupitermond ist an Grösse fast ganz genau unserm Monde gleich, allein seine durchschnittliche Dichte beträgt nur $\frac{2}{5}$ von derjenigen der Erde. Wenn er daher auch den ersten Jupitermond an Dichte um das Doppelte übertrifft, so steht er doch dem Erdmonde darin um $\frac{1}{3}$ nach. Man kann annehmen, dass dieser Mond im Durchschnitt die doppelte Dichtigkeit des Wassers besitzt. Er glänzt im Fernrohre als ein Stern von bläulich weissem Lichte. Auch für ihn fand Herschel eine periodische Lichtveränderung, indem er ungefähr in demselben Theile der Bahn, in welchem auch der erste Mond das Maximum seines Glanzes zeigt, am hellsten erschien. Doch waren die Helligkeitsschwankungen dieses zweiten Mondes noch weniger bedeutend als die des ersten.

Der dritte Jupitermond ist der grösste und hellste von allen. Sein Durchmesser beträgt 746 Meilen und da seine Masse $\frac{9}{100000}$ der Jupitermasse ausmacht, so ist seine mittlere Dichtigkeit $\frac{3}{10}$ von derjenigen der Erde oder etwa $1\frac{4}{5}$ mal so gross als diejenige des Wassers. Seine Farbe ist gelblich, ähnlich derjenigen des Jupiter, doch habe ich ihn zu Zeiten auch entschieden röthlich gesehen. Einen besonders deutlichen Helligkeitswechsel zeigt er nicht; Herschel glaubte zwar etwas dergleichen zu erkennen, doch sind seine Wahrnehmungen nicht bestimmt genug, um ein sicheres Ergebniss zu gewähren, auch finden sie in den Beobachtungen von Engelmann keine Unterstützung. In der neuesten Zeit hat Secchi mittels seines grossen Fernrohres und begünstigt von dem überaus klaren Himmel Roms sehr merkwürdige Beobachtungen dieses Mondes angestellt. Bei der ungeheuren Vergrösserung von tausend Mal erschien ihm dieser

Trabant im Fernrohre fast von der nämlichen Grösse wie unser Mond dem blossen Auge, und der römische Astronom fand, dass derselbe eine Abplattung von $\frac{2}{5}$ besitze. Dieses Resultat, vorausgesetzt, dass es sich bestätigt, steht ohne Analogie da im ganzen Sonnensysteme, indem die stärksten Abplattungen, jene der Planeten Saturn und Uranus, noch nicht $\frac{1}{10}$ erreichen. Wenn aber in der That dem dritten Jupitermonde jene beträchtliche Abplattung zukommt, welche ihm Secchi's Beobachtungen ertheilen, so kann man mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass dieser Mond auch eine bedeutend schnelle Rotation um seine Axe besitzen müsse, da sonst keine plausible Ursache für diese beträchtliche Abplattung zu finden sein dürfte. In der That ist es auch Secchi gelungen, Flecken auf der Scheibe dieses Mondes zu erkennen und aus den Bewegungen dieser Flecken vermochte er das Resultat zu ziehen, dass diesem Monde eine beträchtlich schnellere Rotation zukomme als diejenige, welche die Monde im Allgemeinen besitzen und wonach die Rotationsdauer mit der Umlaufszeit zusammenfällt. Allein dieses letztere Resultat scheint doch nur mehr die grössere Abplattung zu bestätigen, als dies in Wirklichkeit der Fall ist. Wenn nämlich die Grösse und Masse eines Himmelskörpers, sowie seine Rotationszeit bekannt sind, so kann man seine Abplattung unter der Voraussetzung gleichförmiger Dichtigkeit theoretisch berechnen. Diese letztere Voraussetzung ist nun in Wirklichkeit allerdings nicht zutreffend, allein bei schnellen Rotationen und starken Abplattungen gibt die auf diese Weise geführte Rechnung immerhin Resultate, die von der Wahrheit nur wenig abweichen. Für Jupiter erhält man z. B. auf diesem Wege eine Abplattung von $\frac{1}{10}$, während die wahre Abplattung nur wenig kleiner ist. Ist aber die Abplattung

bekannt, so kann man umgekehrt die Dauer der Rotation berechnen. Dieser Fall tritt für den dritten Jupitermond ein und indem ich die Rechnung ausführe, finde ich, dass die zu der von Secchi gegebenen Abplattung gehörende Rotationsdauer 2 Stunden 30 Minuten beträgt. Dieses Resultat ist also nur ein annäherndes, aber es kann — immer vorausgesetzt, dass die Abplattung richtig angegeben ist — nicht etwa um den gleichen Betrag zu klein sein, d. h. in keinem Falle könnte die Umdrehungsdauer auch nur 5 Stunden betragen. Eine so kurze Rotationsdauer hat sich aber in den Beobachtungen von Secchi durchaus nicht gezeigt, es bleibt daher nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass die wahrgenommene Abplattung des dritten Jupitermondes eine Täuschung ist, oder dass die Wahrnehmungen von Flecken auf dieser Trabantenscheibe auf Täuschungen zurückgeführt werden müssen, insofern wirkliche, der Oberfläche dieses Mondes angehörende Flecke sich weit schneller fortbewegen müssten.

Der vierte Jupitermond steht in Beziehung auf seine Grösse nur dem dritten nach; denn sein Durchmesser beträgt 639 Meilen. Da nach Laplace seine Masse $\frac{1}{25000}$ der Jupitermasse ausmacht, so ist seine Dichte $\frac{1}{4}$ der Erddichte oder beiläufig das Anderthalbfache von der Dichtigkeit des reinen Wassers. Die Helligkeit dieses Mondes ist nicht so beträchtlich, als man bei seiner Grösse erwarten sollte. Er erscheint bisweilen als der lichtschwächste von allen Jupitermonden. Zu anderen Zeiten habe ich ihn alle übrigen Monde an Glanz übertreffen gesehen. Die Farbe ist ein grauartiges Weiss; Herschel behauptet, bisweilen auch einen röthlichen Schimmer dieses Mondes wahrgenommen zu haben. Am 21. und 24. März 1871 hat H. Vogel das Spectrum dieses Mondes auf der Sternwarte Bothkamp untersucht.

Es erschien äusserst schwach, und begann erst mit der D-Linie, so dass also der rothe Theil desselben nicht zu erkennen war. Ebenso fehlte das violette Ende und das Spectrum erstreckte sich blos bis etwa zur Mitte zwischen den Linien F und G des Sonnenspectrums. Es besteht also nur aus dem gelben, grünen und hellblauen Theile des normalen Sonnenspectrums, oder mit anderen Worten, der vierte Jupitermond sendet in wahrnehmbarer Menge blos die gelben, grünen und blauen Strahlen zurück, die übrigen absorbirt er. Die wahre Farbe dieses Mondes ist daher ein blaugrünliches Weiss. Die Absorption der rothen und blauvioletten Strahlen des Sonnenlichtes beweist das Vorhandensein einer beträchtlichen Atmosphäre um den vierten Jupitermond, und dieser Schluss wird noch dadurch unterstützt, dass in dem wahrnehmbaren Theile seines Spectrums einige dunkle Banden (Absorptionsstreifen) vorhanden sind, die in dieser Stärke dem Sonnenspectrum fehlen. Wahrscheinlich besteht dieser Mond aus einem festen Kerne von geringem Durchmesser und einer hohen dichten Atmosphäre. Bei der Beobachtung erblicken wir nicht den festen Kern, sondern nur die äussere Begrenzung der Dunstatmosphäre. Wäre diese Umhüllung eine rein gasartige, so würde sie keine äussere, feste Begrenzung besitzen können, indem eine gasförmige Atmosphäre sich mit abnehmendem Drucke in stets verminderter Dichtigkeit bis in's Ungemessene erstreckt. Das gilt aber keineswegs von Wasserdampf und Nebel, indem der Wasserdampf kein Gas oder Dampf im physikalischen Sinne ist, sondern aus kleinen Wasserbläschen besteht.

Die vier Monde des Jupiter sind von den Anhängern der Zweckmässigkeitstheorie bisweilen als Beispiele einer weisen Anordnung aufgeführt worden, wonach die Nächte dieses Riesenplaneten stets durch Mondschein erhellt wür-

den und die grössere Schwäche des Sonnenlichtes durch eine grössere Anzahl der Monde compensirt werde. Nichts ist leichter wie ein solches Raisonnement als unrichtig und thöricht zurückzuweisen. Denn ganz abgesehen davon, dass die Nächte des Jupiter sehr kurz sind, und erst jenseits des 87. Grades nördlicher oder südlicher Breite die Dauer von 10 Stunden und darüber erreichen, würden die vier Monde den ihnen zugedachten Zweck auch gar nicht oder doch nur in der denkbar unvollkommensten Weise erfüllen können. Die drei innersten Monde zeigen dem Jupiter niemals ihre voll erleuchtete Scheibe, indem sie alsdann, in Bezug auf ihren Hauptplaneten selbst, der Sonne gegenüber stehen müssten, wobei sie regelmässig in den Schattenkegel des Jupiter gerathen und verfinstert werden. Aber auch der Schein der übrigen Lichtgestalten dieser Monde ist den einzelnen Theilen der Jupiteroberfläche nur spärlich zugemessen, denn der am hellsten leuchtende erste Mond gewährt den Nächten des Jupiter nur während des sechsten Theiles seiner Umlaufszeit Mondschein. Vergleicht man zudem die Helligkeit dieses Mondscheines mit derjenigen, welche unser Mond verbreitet, so findet man, dass das Licht des innersten Jupitermondes noch nicht $\frac{1}{33}$ von demjenigen des Erdmondes ausmacht. Das Licht des zweiten Jupitermondes ist aber nicht $\frac{4}{10}$, das des dritten kaum $\frac{1}{6}$, und das des vierten kaum $\frac{1}{20}$ von demjenigen des ersten. Man sieht also, dass es mit der Erleuchtung der dunklen Jupiternächte durch Mondschein gute Wege hat. Und wenn der Planet Jupiter menschenähnliche Bewohner besässe, so würden diese bei Nacht getrost im Dunkeln sitzen müssen, wenn ihnen die Gelegenheit benommen wäre, sich auf künstlichem Wege Licht zu verschaffen.

Wir gelangen nun zum Planeten Saturn, dem äusser-

sten der den Alten bekannten Wandelsterne, der in 29 Jahren 166 Tagen 5 Stunden $16\frac{1}{2}$ Minuten seinen Umlauf um die Sonne vollbringt, und der deshalb von den Griechen „der langsame Wandelnde“ genannt ward. Sein mittlerer Abstand von der Sonne beträgt 190 Millionen Meilen, der grösste 200, der kleinste 179 Millionen. Der Abstand von der Erde wechselt zwischen 220 und 159 Millionen Meilen. Die Intensität des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme ist in der kleinsten Entfernung Saturns $\frac{6}{500}$, in der grössten $\frac{5}{500}$ von derjenigen, welche in der Erdentfernung stattfindet.

An Grösse steht Saturn unter allen Planeten nur dem Jupiter nach und das Gleiche gilt auch von seiner Masse. Der Aequatorialdurchmesser desselben ist nämlich 15680 geographische Meilen, dagegen misst die Umdrehungsaxe bloss 14140 Meilen, so dass die Abplattung $\frac{1}{10,2}$ beträgt. Vergleicht man das Volumen des Saturn, wie es sich aus diesen Zahlen ergibt, mit dem Volumen der Erde, so findet man, dass das Saturnsphäroid unsern Erdball 687mal an Grösse übertrifft. Da aber dieser ungeheure Körper nur $\frac{1}{3530}$ der Sonnenmasse hat, seine Masse also die Erdmasse bloss um das 90,5fache übertrifft, so findet sich, dass die durchschnittliche Dichte des Saturn nur $\frac{1}{7,6}$ von der mittlern Erddichte ausmacht. Das ist etwa $\frac{4}{5}$ von der Dichtigkeit des Wassers. Diese enorm geringe mittlere Dichte, die geringste, welche wir im Planetensysteme antreffen, ist überaus merkwürdig und mehr noch als beim Jupiter charakteristisch für die individuelle Natur des Saturn.

Wie beim Jupiter, so hat auch das Fernrohr bei dem Planeten Saturn die Existenz von mehreren grauen, dem Aequator parallelen Streifen gezeigt, die sich um die ganze Kugel des Planeten herumziehen und Auflösungen

und Neubildungen in sehr bedeutendem Massstabe ver-
rathen. Die dunkleren Partien und gewisse knotenartige
Verdichtungen der Streifen haben dem grossen Beobachter
Wilhelm Herschel gestattet, die Rotationsdauer der
Saturnkugel zu bestimmen. Er fand dafür 10 Stunden,
29 Minuten 17 Secunden, so dass also die Gesamtdauer
von Tag und Nacht auf dem Saturn etwas länger ist als
auf dem Jupiter.

Durch eine Reihe von ähnlichen Schlüssen, wie die-
jenigen, welche wir beim Planeten Jupiter zogen, gelangt
man auch in Betreff des Saturn zu dem Ergebnisse, dass
die Veränderungen der grauen Streifen, sobald diese, wie
man wohl muss, als Gebilde von atmosphärischer Natur
betrachtet werden, und sobald man ihre Bewegungen und
Gleichgewichtsstörungen auf Temperaturunterschiede zu-
rückführt, nicht eine Folge der Sonnenwärme sein können,
da diese zu solchen Wirkungen selbst auf der Erde, bei
100mal grösserer Intensität nicht ausreicht. Es verbleibt
nur, die Quelle dieser heftigen Bewegungen in einer
relativ sehr hohen, eigenen Wärme des Saturn zu suchen.

Gleichwie beim Jupiter, so ergibt sich auch für den
Planeten Saturn eine Schwierigkeit hinsichtlich der Deu-
tung der grauen Streifen. Es bleibt auch hier wahrschein-
lich, dass die grauen Streifen Stellen der Planetenober-
fläche bezeichnen, welche weniger dicht von Wolken über-
deckt sind; wir erblicken dort gewissermassen durch dünne
Wolkenstraten hindurch auf die heisse und compactere
Centralmasse, auf den kleinen, gegenwärtig noch mit
einer hohen Temperatur begabten Kern des Planeten.

Das Vorhandensein einer Atmosphäre um den Saturn
kann nach dem Vorhergehenden nicht in Zweifel gezogen
werden; allein es gibt auch einen Umstand, der direct
die Existenz dieser Atmosphäre beweist. Gleichwie beim

Jupiter und beim Mars sind nämlich die Flecke und Streifen des Saturn niemals bis an die Ränder dieses Planeten sichtbar und dieser Umstand beweist, nach photometrischen Principien erläutert, das Vorhandensein einer Saturnatmosphäre. Unterstützt wird dieser Schluss durch die Ergebnisse der spectroscopischen Untersuchung. Secchi hat den Saturn in dieser Beziehung fleissig beobachtet. Er fand im rothen Theile seines Spectrums einen starken, völlig schwarzen Streifen. Am äussersten rothen Ende erschien das Spectrum schlecht begrenzt, und boten sich Spuren eines andern Streifens dar. Zwischen dem rothen und gelben Theile zeigte sich eine schwarze Linie, die an die D-Linie erinnert, ebenso sind die Fraunhofer'schen Linien E, b, F im Saturnspectrum sichtbar. Auch Vogel findet eine Verschiedenheit des Saturnspectrum von demjenigen der Sonne, dagegen zeigt es eine grosse Uebereinstimmung mit dem Jupiterspectrum. Secchi hat festgestellt, dass der grosse schwarze Streifen im Roth dem Saturn eigenthümlich ist; er ist ein Absorptionsstreifen, der auf eine mächtige und dichte Umhüllung des Planeten hinweist. Es existiren im Spectrum des Saturn gewiss auch eine Menge anderer, aber feinerer Absorptionslinien, sie dürften sichtbar werden, sobald die Genauigkeit und Lichtschärfe der Beobachtungsapparate sich vermehrt haben wird. Schon frühere Beobachter, besonders Cassini, legten dem Saturn eine beträchtliche Atmosphäre bei; sie wurden hierzu veranlasst durch die Wahrnehmung, dass kleine Fixsterne eine nicht unbeträchtliche Helligkeitsabnahme zeigten, wenn sie dem Rande des Planeten nahe kamen. Diese Helligkeitsabnahme ist aber nur eine scheinbare, und entsteht durch eine Unvollkommenheit des menschlichen Auges. Ein sehr glänzender Gegenstand erzeugt nämlich auf der Netzhaut unseres Sehorgans nicht

bloß ein glänzendes Bildchen seiner selbst, sondern um dasselbe noch einen gewissen, mehr oder minder ausgedehnten Helligkeitsschein. Das Bild eines zweiten Gegenstandes, welches auf diejenigen Stellen der Netzhaut fällt, die von dem bezeichneten Scheine erhellt sind, kann hier offenbar nicht so intensiv über seine Umgebung hervortreten, als wenn der umgebende Theil der Netzhaut dunkel wäre. Wenn daher ein kleiner Stern auf dunklem Himmelsgrunde recht lebhaft erscheint, so muss er, wegen der angeführten Unvollkommenheit des Auges, schwächer werden, sobald er in die unmittelbare Nähe eines sehr hellen Sternes kommt. Auf den Saturn angewandt, erkennt man sofort, dass in der entwickelten physiologischen Eigenthümlichkeit und nicht in einer supponirten Saturnatmosphäre der Grund der wahrgenommenen Helligkeitsabnahme zu suchen ist. Zudem erscheint in der Entfernung, in welcher sich Saturn von der Erde befindet, ein Gegenstand von 92 deutschen Meilen unter einem Winkel von $\frac{1}{10}$ einer Bogensecunde, und welche Höhe und Dichtigkeit müsste man hiernach der Saturnatmosphäre beilegen, wenn man bedenkt, dass die alten Beobachter mit ihren langen, blasrohrähnlichen Ferngläsern einen Gegenstand, dessen Winkeldurchmesser nur $\frac{1}{10}$ Secunde beträgt, gar nicht seiner Gestalt nach auffassen konnten und die Lichtabnahme der kleinen Fixsterne schon mehrere Secunden vom Saturnrande anfangen liessen! Der Nachweis der Existenz einer Saturnatmosphäre ist also lediglich ein Verdienst der neueren Astronomen. Eine Folge der ungemein geringen Dichte des Saturn, seiner gegenwärtig wahrscheinlich noch beträchtlich hohen Temperatur und der grossen Zahl seiner Monde, ist der Umstand, dass sich bei diesem Planeten noch ein Zustand aus der Urzeit des Sonnensystems in die Gegenwart her-

übergerettet hat, nämlich die Existenz von mehreren Ringen, welche den Planeten concentrisch umgeben. Obgleich alle gegenwärtig von Monden begleitete Planeten in grauer Vorzeit das Phänomen der Ringbildung gezeigt haben, so ist Saturn doch der einzige Wandelstern, dessen Ringe sich bis heute erhalten haben. Der grösste Durchmesser derselben beträgt 36870 Meilen, der innere Durchmesser 24520, also die Breite des Ringsystems 6175 Meilen. Die Dicke desselben lässt sich durch directe Beobachtungen nicht bestimmen, da sie viel zu unbedeutend ist und das ganze Ringsystem, sobald die Sonne senkrecht über der Kante desselben steht, oder wenn die Erde sich in der Ringebene befindet, verschwindet. Durch eine bedeutende Anzahl sehr genauer Beobachtungen hat Bessel indess die Masse der Ringe bestimmen können und findet sie $\frac{1}{118}$ der Masse des Saturn selbst. Nimmt man nun die mittlere Dichte der Ringe gleich derjenigen Saturns, so lässt sich die Dicke des Ringsystems berechnen, und es ergibt sich dafür ein Werth von etwa 30 Meilen. Wahrscheinlich ist indess die Dichte der Ringe geringer als die mittlere Dichte des Hauptplaneten und damit wird ihre Dicke etwas grösser.

Das Ringsystem des Saturn erscheint uns niemals als Vollkreis, sondern nur mehr oder weniger elliptisch. Ersteres würde zeitweise der Fall sein, wenn der Neigungswinkel des Ringes mit der Ebene der Erdbahn 90 Grad betrüge, d. h. wenn die Ringebene senkrecht auf der Ebene der Ekliptik stände. In Wirklichkeit macht die Ebene der Saturnringe mit der Ebene der Erdbahn bloss einen Winkel von $28^{\circ} 10'$. Der Anblick, den uns die Saturnringe darbieten, ist verschieden, je nach den Sternbildern, in welchen der Planet eben steht. Im Stiere und im Skorpion erblicken wir den Ring in seiner grössten

Breite, er tangirt dann etwa den Rand der Planetenscheibe in zwei Punkten; wenn dagegen der Saturn im Löwen und Wassermann steht, so ist der Ring auf eine schmale Linie reducirt, die nur ausnahmsweise in einem sehr grossen Fernrohre zu erkennen ist.

Die genauere Untersuchung des Ringsystems hat ergeben, dass dasselbe aus einer grossen Anzahl concentrischer Ringe zusammengesetzt ist, die durch mehr oder minder grosse Theilungen oder Trennungsspalten von einander geschieden sind. Unter diesen ist eine „die grosse Trennung“, welche bereits von William Ball 1665 wahrgenommen wurde und das Ringsystem in zwei Haupttheile scheidet. Die Breite dieser Trennung beträgt etwa 380 deutsche Meilen und der innere Ring nimmt gegen diese Trennung hin allmählig an Helligkeit ab, bis er nur mehr dem grauen Streifen des Planeten an Glanz vergleichbar bleibt. Wenn diese Trennung in unveränderter Weise schon über zwei Jahrhunderte hindurch gesehen worden ist, so gilt dies keineswegs von einer grössern Anzahl schmalerer Trennungen, die seitdem mittels der vervollkommenen Fernrohre entdeckt worden sind. Die Beobachtungen des älteren Herschel haben zuerst diese wichtige Thatsache sichergestellt. Im Juni 1780 sah dieser berühmte Astronom auf dem westlichen Ringhenkel eine Anzahl feiner Theilungen, die er auf der andern Hälfte nicht erkennen und auch später nicht wiederfinden konnte. Fünfundvierzig Jahre später bemerkte Kapitän Kater auf der äussern Ringfläche eine Anzahl von Trennungen, die ebenfalls nur von kurzer Dauer waren. Die Trennungsspalte welche Encke am 25. April 1837, wiederum auf der Fläche des äusseren Ringes wahrnahm, ist früher nie von anderen Beobachtern gesehen worden, obgleich sie $\frac{9}{10}$ Secunde von der grossen Trennung ent-

fernt ist und ein Drittel der Breite dieser letztern, also 120 bis 130 Meilen Durchmesser besitzt. De Vico in Rom hat die Encke'sche Trennung häufig gesehen, sie erschien ihm ebenso dunkel als die grosse Spalte, aber zu gewissen Zeiten war sie trotzdem nicht sichtbar. Derselbe Astronom hat auch auf der innern Ringfläche eine Anzahl sehr feiner Theilungen entdeckt, die ebenfalls blos zu Zeiten sichtbar waren. Bond hat mit dem Riesenfernrohre der Sternwarte zu Cambridge den Saturn anhaltend untersucht und eine Anzahl von schwachen Trennungslinien bemerkt, von denen es im Einzelnen schwer ist, sie mit den früher wahrgenommenen zu identificiren. Alles deutet darauf hin, dass die Ringe des Saturn sich in einer Art von flüssigem Zustande befinden und von Zeit zu Zeit an verschiedenen Punkten brechen oder sich trennen. Das wird auch durch neuere Wahrnehmungen von Carpenter bestätigt, der im Jahre 1863 darauf aufmerksam machte, dass Saturn seit einiger Zeit den Anblick darbiete, als wenn einer seiner Ringe brechen wolle, oder als wenn ein dunkler Ring zu einem leuchtenden werde. Otto Struve glaubt an eine fortwährende Verengerung des Saturnringes, doch gestatten bis jetzt die Messungen noch keinen sichern Anhaltspunkt, um die Frage zu entscheiden. Um die Mitte des November 1850 sah G. P. Bond zwischen der innersten Ringkante und der Oberfläche des Saturn einen neuen, schwachen, fast durchsichtigen Ring, der von nebeliger Natur zu sein scheint. Nach den Mikrometermessungen Secchi's würde dieser Nebelring kaum 1200 Meilen von dem nächsten Punkte der Oberfläche des Saturn entfernt sein. Dieser merkwürdige Ring ist, wie sich nachträglich ergeben hat, schon von Pound und Hadley mit ihren unvollkommenen Instrumenten gesehen worden, woraus man mit einiger Wahrscheinlichkeit

den Schluss ziehen kann, dass derselbe in den letzten hundert Jahren beträchtlich lichtschwächer geworden sei. Die Ansicht, dass das System der Saturnringe beträchtlichen inneren Veränderungen unterworfen sei, wird auch durch die merkwürdigen, zeitweisen Verbiegungen desselben unterstützt. Diese Verbiegungen sind bisweilen so beträchtlich, dass, wie die Beobachtungen von Cassini, Herschel und anderen beweisen, nicht selten nur eine einzige Ringanse sichtbar ist. Schröter hat im Jahre 1774 eine Anzahl heller Punkte auf der schmalen Ringkante wahrgenommen, die ihre Lage innerhalb einer achtstündigen Beobachtungszeit nicht veränderten. In den Monaten Februar, März und April 1862 hat Schwabe den Saturn und seine Ringe andauernd untersucht. Während dieser ganzen Zeit war fast unausgesetzt eine von West nach Ost sich kegelförmig verschmälernde Gestalt des Ringes sichtbar und Schwabe schloss hieraus, ebenso wie früher Schröter aus seinen Wahrnehmungen, dass die Saturnringe nicht rotiren. Eine solche Annahme ist schwer mit den Gesetzen der allgemeinen Anziehung zu vereinigen, vielmehr müsste in diesem Falle das ungeheure Ringgewölbe längst auf den Planeten herabgestürzt sein. William Herschel hat hingegen im Jahre 1790 aus seinen Beobachtungen von bergartigen Erhöhungen auf der Fläche der Saturnringe das Resultat abgeleitet, dass sich diese in einem Zeitraume von 10 Stunden $32\frac{1}{4}$ Minuten einmal um ihren Centrankörper herumschwingen. Dieses Ergebniss stimmt sehr nahe mit dem Resultate überein, welches man erhält, wenn man die Umlaufszeit berechnet, die ein Saturnmond haben müsste, wenn er in demselben Abstände wie die Mitte des Ringes den Saturn umkreiste. Diese Umlaufszeit ergibt sich zu $11\frac{1}{10}$ Stunden, also nahe genug mit dem Her-

schel'schen Resultate übereinstimmend. Man würde eine noch bessere Uebereinstimmung erhalten, wenn man sich die sehr wahrscheinliche Annahme gestattet, dass die Ringe bezüglich ihrer Massenvertheilung im Innern nicht symmetrisch sind. Es ist höchst wahrscheinlich, dass die Ringe des Saturn verhältnissmässig nicht alt und gegenwärtig noch in einem heissflüssigen Zustande sind. Das Spectrum der Saturnringe weicht übrigens von jenem des Saturn selbst dadurch ab, dass die charakteristische dunkle Bande im Roth fehlt oder doch nur ganz schwach angedeutet ist. Vogel glaubt, man dürfe hieraus schliessen, dass den Ring entweder keine oder eine Gasschicht von nur sehr geringer Höhe oder Dichtigkeit umgibt. Nach dem was wir gegenwärtig von der Entstehungsgeschichte des Sonnensystems wissen, können wir schliessen, dass die Ringe, indem sie sich fortwährend abkühlen, sich zusammenziehen und dabei an Rotationsgeschwindigkeit zunehmen werden, bis sie endlich zerreißen und einem neuen Monde sein Dasein geben.

Was die Stellung des Ringsystems zu dem Planeten anbelangt, so bringt es letztern hinsichtlich der Erleuchtung durch die Sonne in eine sehr üble Lage. Denn nicht nur ist der Schein, den der Ring dem Planeten gewährt, nur sehr gering, sondern er findet zudem auch dann statt, wenn er am wenigsten nothwendig ist, nämlich in den kurzen Sommernächten. Zur Winterszeit hingegen raubt das Ringsystem dem Saturn einen beträchtlichen Theil des Sonnenlichtes und erzeugt Sonnenfinsternisse, die mehrere Erdenjahre hindurch dauern. Unter $23\frac{1}{2}$ Grad der Breite auf dem Saturn, verursacht der Ring, dass während 10 Erdenjahren zur Winterzeit kein Strahl der Sonne sichtbar ist. Wenn daher der Ring einen speciellen Zweck hat, so ist es sicherlich nicht der, dem Sa-

turn einen Ersatz für das schwache Sonnenlicht zu verschaffen; und während wir Menschen von der Erde aus den Saturnring als eine Zierde des Planetensystems bewundern, würden wir, falls es möglich wäre, dass wir die Saturnkugel bewohnen könnten, alle Ursache haben, die Existenz dieses Ringes zu bedauern — ein neuer Beweis, dass die Anforderungen menschlicher Bequemlichkeit beim Baue des Planetensystems nicht berücksichtigt worden sind.

Die acht Monde, die man mit Sicherheit bis heute als zum Gefolge des Saturn gehörig erkannt hat, haben hier für uns nur eine geringe Bedeutung, da wir über ihre Individualität noch sehr im Dunkeln sind. Mit Ausnahme der Bahnelemente, besonders des sechsten Saturnmondes, wissen wir von diesem Trabantensysteme so gut wie gar nichts; man kennt weder die Durchmesser, noch die Massen der Saturnsatelliten, selbst die Theorie ihrer Bewegungen ist gegenwärtig nur höchst unvollkommen entwickelt. Eine merkwürdige, schon von Cassini und Maraldi bemerkte, und auch von Herschel und Schröter bestätigte Thatsache ist das beinahe völlige Verschwinden des achten Saturnmondes im östlichen Theile seiner Bahn. Diese Wahrnehmungen erinnern an ein ähnliches Verhalten der Jupitermonde, dessen bereits im Vorhergehenden gedacht wurde.

Auf den Saturn folgt in einem Abstände von 383 Millionen Meilen von der Sonne der Planet Uranus, den William Herschel zuerst am 13. März 1781 auffand. Seine grösste Entfernung von der Sonne beträgt 400, seine geringste 365 Millionen Meilen; die Abstände von der Erde variiren zwischen 419 und 343 Millionen Meilen. Die Umlaufszeit des Uranus ist 84 Jahre 5 Tage 19 Stunden 42 Minuten. Von der Sonne wird dieser ent-

fernte Planet nur schwach erleuchtet und erwärmt. Nimmt man die Stärke des Sonnenlichtes für die Erde zur Einheit, so empfängt Uranus höchstens nur $\frac{1}{400}$ desselben. Trotzdem ist dieses Sonnenlicht auf dem Uranus noch heller als das vereinigte Licht von anderthalbtausend Vollmonden!

Uranus gehört zu den grossen Planeten, denn sein mittlerer Durchmesser beträgt 7500 Meilen. Dem Volumen nach übertrifft er die Erde 87mal, da aber seine Masse nur 15mal grösser ist als die Erdmasse, so beträgt seine mittlere Dichte etwa $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der mittlern Dichte der Erde. In dieser Beziehung übertrifft also Saturn den Uranus noch um ein Geringes, da seine mittlere Dichte $\frac{1}{7}$ der Erddichte ist. Die Scheibe des Uranus erscheint gleichförmig und düster, nur ein einziges Mal hat Lassell mit Hilfe seines grossen Spiegelteleskops einen dunklen Aequatorialgürtel wahrnehmen können. W. Buffham will jedoch im Januar 1870 sowie im März 1872 mittels eines 9zölligen Spiegelteleskops helle Flecke auf der Uranusscheibe wahrgenommen haben und schliesst daraus auf eine Umdrehungsdauer des Planeten von etwa 12 Stunden. Dagegen erklärt Prof. Newcomb, mittels des 26zölligen Refraktors zu Washington niemals Flecke oder dunkle Schatten auf der Uranusscheibe gesehen zu haben; sie erschien vielmehr von einförmig meergrüner Farbe. Die Beobachtungen, im Vereine mit der geringen Dichte, genügen, um auch den Uranus als einen Planeten zu kennzeichnen, der noch nicht erstarrt, sondern in geringem Grade sogar selbstleuchtend ist. Die photometrischen Untersuchungen bestätigen dies vollkommen, sie ergeben für Uranus eine mittlere, lichtreflectirende Kraft von $\frac{3}{5}$, fast gleich derjenigen des weissen Papiers. Auch die Spectralanalyse bestätigt die Schlüsse, bezüglich

des heissflüssigen Zustandes dieses Planeten. Secchi hat im März 1869 zuerst das Spectrum des Uranus beobachtet und gefunden, dass es durch seine bedeutenden Absorptionsbanden eine beträchtliche Abweichung von dem allgemeinen Typus der Planetenspectren darbietet. Im März 1870 hat Vogel das Uranusspectrum ebenfalls genau untersucht. Auch er fand dasselbe von eigenthümlichen Absorptionslinien durchzogen. Die Messungen dieses Astronomen ergaben, dass die Mitte eines dunklen Bandes sehr genau mit der Linie F des Sonnenspectrums zusammenfällt. Ein anderer sehr breiter, dunkler Streifen coincidirt mit einem durch unsere Atmosphäre hervorgebrachten, bei tiefem Stande der Sonne bemerkbaren Absorptionsstreifen, ebenso ein breiter aber schwacher Streifen, der hinter der F-Linie sichtbar ist. Der Beobachter Vogel, von der Ansicht ausgehend, dass in der Atmosphäre des Uranus — deren Existenz durch das Vorhandensein von Absorptionsstreifen im Spectrum sicher nachgewiesen ist — niedere Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs existiren könnten, hat die Lage der Absorptionsstreifen, welche derartige Verbindungen im Spectrum zeigen, genauer bestimmt. Es ergab sich jedoch keine genügende Uebereinstimmung mit den Streifen im Spectrum des Uranus.

Da bis jetzt keine eigentlichen Flecken auf der Scheibe dieses Planeten mit Sicherheit wahrgenommen worden sind, so lässt sich über die Umdrehungszeit desselben nichts Gewisses sagen. Dass indess dieser Planet sich ziemlich schnell um seine Axe drehe, wird aus der, schon von William Herschel erkannten, aber erst von Mädler genauer bestimmten Abplattung unzweifelhaft. Nach dem letztgenannten Beobachter beträgt die Grösse dieser Abplattung fast $\frac{1}{10}$, und man muss daraus schliessen, dass die Umdrehungsdauer nicht

kürzer als $7\frac{1}{4}$ und nicht länger als $12\frac{1}{2}$ Stunden ist. Der Fall der Körper an der Oberfläche des Uranus beträgt in der ersten Secunde $13\frac{1}{2}$ Fuss, ist also um $\frac{1}{10}$ geringer als auf der Erdoberfläche und ebenso ist auch das Gewicht der Körper dort um $\frac{1}{10}$ geringer als bei uns, d. h. ein Pfund auf der Erde würde, mit einer Federwage gewogen, auf dem Uranus nur $\frac{9}{10}$ Pfund wiegen.

Den Uranus umkreisen vier Monde, die äusserst klein und lichtschwach sind. Herschel hat nur die hellsten davon sehen können und bezeichnete diese als die feinsten Lichtpunkte, die er jemals am Himmel wahrgenommen habe. Lassell entdeckte die beiden inneren mit Hilfe seines gewaltigen Spiegelteleskops und neuerdings hat nur allein der 26zöllige Riesenrefractor zu Washington diese vier Gestirne sämmtlich gezeigt und Messungen ihrer Lage gestattet. Diese kleinen Monde würden für uns kaum ein Interesse beanspruchen können, wenn sie nicht die merkwürdige Anomalie darböten, dass ihre Bahnebenen nahezu senkrecht auf der Bahnebene des Uranus stehen. Man muss daraus, nach Analogie mit den Monden der übrigen Planeten schliessen, dass auch der Aequator des Uranus fast senkrecht auf der Ebene der Bahn dieses Planeten steht und dass die Umdrehungspole etwa in der Bahnebene selbst liegen. Dieser Umstand bewirkt die merkwürdigsten Abweichungen von der gewöhnlichen Ordnung der klimatischen Verhältnisse, welche wir bei den Planeten gefunden haben. Denn auf dem Uranus ist keineswegs der Abstand eines Ortes vom Aequator für die klimatischen Verhältnisse desselben von Wichtigkeit, sondern jeder Ort ohne Ausnahme hat die nämlichen klimatischen Verhältnisse wie ein anderer; sowohl die Aequatorealgegenden, als die Pole haben die Sonne im Laufe eines Uranus-

jahres zweimal im Scheitelpunkte. Beim Frühlings- und Herbstanfange, wenn die Sonne senkrecht über dem Aequator des Planeten steht, müssen allenthalben auf der Oberfläche des Uranus Tag und Nacht an Dauer einander gleich sein. Sobald aber die Sonne vom Aequator abzuweichen beginnt, ändert sich dies, selbst für die Aequatorialgegenden sehr bald, die Unterschiede in der Dauer der Tage und Nächte werden immer grösser. Ich gebe in der folgenden Tabelle die Dauer des längsten Tages für die verschiedenen uranographischen Breiten.

Breite	Dauer des längsten Tages.
5 ⁰	2 $\frac{1}{3}$ Jahre
10	4 $\frac{7}{10}$ „
15	7 „
20	9 $\frac{1}{3}$ „
25	11 $\frac{7}{10}$ „
30	14 „
35	16 $\frac{1}{3}$ „
40	18 $\frac{7}{10}$ „
45	21 „
50	23 $\frac{1}{3}$ „
55	25 $\frac{7}{10}$ „
60	28 „
65	30 $\frac{1}{3}$ „
70	32 $\frac{7}{10}$ „
75	35 „
80	37 $\frac{1}{3}$ „
85	39 $\frac{7}{10}$ „
90	49 „

Abgesehen von der geringen Intensität der Sonnenwärme auf dem Uranus und dem heissflüssigen Zustande dieses Planeten überhaupt, würde die überaus ungünstige Lage seiner Rotationsaxe zur Bahnebene und die daraus resul-

tirenden, excessiven klimatischen Verhältnisse, diesen Planeten für einen Aufenthaltsort des Menschen viel ungeeigneter machen als jeden andern Wandelstern.

Neptun, „der errechnete Planet“, läuft in einer Entfernung von 600 Millionen Meilen um die Sonne, welche ihn bloss mit $\frac{1}{1000}$ der Lichtintensität erleuchtet, die der Erde zu Theil wird. Um diese Erleuchtung mit etwas Bekanntem zu vergleichen, will ich hervorheben, dass sie mehr als 10mal schwächer ist, wie die Erleuchtung der Erdoberfläche, wenn der untere Rand der Sonnenscheibe den Horizont gerade berührt. Wenn die lichtreflectirende Kraft des Neptun nicht grösser wäre als diejenige der Erde, so würde er uns bloss als ein Stern 11. oder 12. Grösse erscheinen, während er in Wirklichkeit etwa von der achten Grösse ist. Die Weisse dieses Planeten ist also eine bedeutend grössere wie die der Erde, sie beträgt fast $\frac{1}{2}$ und deutet darauf hin, dass auch der Neptun gegenwärtig noch heissflüssig und von einer wolkenbedeckten Atmosphäre umhüllt ist. Das bestätigt auch die geringe Dichte, die bei einem Durchmesser des Planeten von 7800 Meilen, etwa $\frac{1}{8}$ beträgt, also der Dichte des Uranus gleichsteht. Eine Abplattung des Planeten ist bisher beim Neptun nicht wahrgenommen worden, seine Umdrehungsdauer muss also auf jeden Fall langsamer sein wie diejenige des Jupiter, Saturn oder Uranus. Das Spectrum des Neptun enthält äusserst beträchtliche Absorptionsstreifen, besonders im Roth. Es findet also bei diesem Planeten eine starke Verschluckung der rothen Sonnenstrahlen statt und man wird zu der Vermuthung gedrängt, dass dieser Planet von einer mächtigen nebelartigen oder wolkigen Hülle umgeben ist. Secchi glaubt sogar in seinem grossen Teleskope die nebelige Begrenzung des Neptun deutlich wahrnehmen zu können, indem

dieser Planet verwaschene Ränder zeige, während z. B. die Scheibe des Mars sehr scharf abschneide. Uebrigens haben andere Beobachter mit gleich guten Fernrohren nichts Derartiges wahrgenommen.

Neptun besitzt einen Mond, der ihn in 5 Tagen 21 Stunden 4 Minuten einmal umkreist. Von diesem Trabanten weiss man nur, dass er viel heller und wahrscheinlich auch grösser sein muss, als die Uranusmonde.

Wir haben nun das ganze Planetensystem durchwandert, denn Neptun bezeichnet nach unseren dermaligen Kenntnissen die Grenze der planetarischen Welt des Sonnensystems. Wir haben auf dieser langen Wanderung die verschiedenartigsten Verhältnisse angetroffen, aber im Ganzen doch nur geringe Aehnlichkeiten mit den Zuständen, welche unsere Erde darbietet. Selbst der Planet Mars, der unter allen unserm Weltkörper am ähnlichsten ist, bietet so viele Abweichungen von den Zuständen unserer Erde dar, dass auch er seine Individualität vollkommen bewahrt, und dass wir Menschen, falls wir plötzlich auf diesen Weltkörper versetzt würden, sicherlich im Laufe der Jahre beträchtliche körperliche Abänderung erleiden müssten, um uns den dortigen Verhältnissen anzupassen. Von den äusseren, den grossen Planeten, können wir überzeugt sein, dass sie in ihrer dermaligen Verfassung durchaus nicht im Stande sind, organisches Leben an ihrer Oberfläche zu beherbergen. Trotzdem dass diese gewaltigen Weltkörper lange vor den inneren, kleinen Planeten ein selbständiges Dasein erhielten, haben diese letzteren dennoch weit früher dasjenige Stadium der Entwicklung erreicht, welches als Grundlage für die Existenz lebender Wesen nothwendig ist. Hätten sich bei der Bildung des Planetensystems stets Weltkörper von der Grösse des Jupiter oder Uranus

aus den Nebelringen condensirt, so würde noch heute kein einziger dieser Planeten in bewohnbarem Zustande sein. Aber die Nothwendigkeit, dass bei grosser Annäherung an den Centralpunkt des rotirenden Nebelballes die sich abtrennenden Ringe stets eine weit geringere Stoffmenge für sich in Anspruch nehmen konnten wie Anfangs, als die Peripherie der Urnebelmasse eine sehr grosse war, bedingte die Bildung von verhältnissmässig kleinen Planeten in der Nähe der Sonne und ermöglichte dadurch gleichzeitig eine schnellere Erkaltung dieser jüngsten Bildungsproducte gegenüber den älteren. Wenn wir daher organisches Leben in der planetarischen Welt suchen wollen, so weisen uns alle Verhältnisse auf die Regionen in der nähern Umgebung der Sonne und man kann mit grossem Rechte die Zone der Asteroiden oder kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter als eine Grenzlinie bezeichnen, welche die Planeten, denen man die Möglichkeit organisches Leben zu beherbergen, beilegen muss, von denen scheidet, bei welchen dieses gegenwärtig nicht der Fall ist.

VII.

Die genaue Kenntniss der physischen Zustände des ungeheuren Sonnenballes hat unter allen Kenntnissen der Zustände himmlischer Körper im unermesslichen Raume für den Erdenbewohner das höchste Interesse. Nicht allein die Existenz der Erde als eines selbständigen Planeten, hängt von der Sonne ab, insofern die Erde dem mütterlichen Sonnenkörper ihr Dasein verdankt, indem sie aus der Sonnenmasse entsprungen ist und im Laufe von Jahrmyriaden wieder dorthin zurückkehren muss, glühend zu enden, wie sie glühend begann; sondern die ganze Existenz des Menschengeschlechtes hängt direct von den physikalischen Zuständen der Sonne ab, in einer Weise, welche man früher nicht ahnte, die aber heute durch die fortschreitende Wissenschaft klargestellt worden ist. Denn gegenwärtig ist mit Bestimmtheit nachgewiesen, dass alle mechanische Kraft, welche wir auf der Erde thätig sehen, die Kraft des Wassers, welches das Rad der Mühle treibt, die Kraft der bewegten Luftmassen, die Kraft des Dampfes, welche den schwerbeladenen Güterzug mit Sturmeseile über den eisernen Schienenweg davonführt, die Kraft des Lastthieres das geduldig vor dem Karren einhergeht wie die Kraft des edlen Rosses das seinen Reiter davonträgt,

die Kraft des Menschen endlich, die zu jeder körperlichen wie geistigen Thätigkeit aufgewendet wird: dass alle diese mechanische Kraft von der Sonne her stammt, mit den leuchtenden und wärmenden Sonnenstrahlen auf unsern dunkeln und kalten Erdball herabgekommen ist. Alle Kraft, mag ihr Ausdruck sein wie er will, kann in Wärme umgesetzt werden, und geht auch schliesslich in Wärme über. Die Wärme selbst kann ihrerseits wieder in jede Art von Kraft verwandelt werden, wie sich gegenwärtig durch eine Menge von Beispielen nachweisen lässt. Ich will hier nur an einigen Beispielen zeigen, wie eine Kraftart alle übrigen hervorrufen, d. h. sich in diese verwandeln kann. Dieses Beispiel bezieht sich auf einen Versuch, den schon vor 20 Jahren der englische Naturforscher Grove bei seinen Vorlesungen anzustellen pflegte. Zu diesem Ende wird eine präparirte Daguerreotypplatte in einem mit Wasser gefüllten Kasten, der vorn ein Glas mit einem Schiebladen darüber besitzt, eingeschlossen. Zwischen dem Glase und der Platte befindet sich ein rostförmiges Silberdrahtgeflecht, und die Platte ist mit dem einen Ende der Umwickelungen eines Galvanometers und der Drahtrost mit einem Ende einer Breguet'schen Spirale — einem zierlichen Instrumente, bestehend aus zwei zu einer Spirale geformten zusammengelötheten Metallen, deren Ungleichheit in der Ausdehnung die geringsten Temperaturwechsel bemerkbar macht — verbunden, während ein Draht die beiden anderen Enden des Galvanometers in der Spirale vereinigt. Die Nadeln sind auf Null gebracht. Sobald nun einem Strahle, sei es Tageslicht oder Oxyhydrogenlicht, durch Aufheben des Schiebladens gestattet wird, auf die Platte zu fallen, werden die Nadeln sofort abgelenkt. So erhalten wir aus dem Lichte als anfänglicher Kraft: chemische Thätigkeit auf der Platte,

Electricität durch die Drähte fließend, Magnetismus in den Umwindungen des Galvanometers, Wärme in der Spirale und Bewegung bei den Nadeln. Fr. Mohr gibt folgendes Beispiel von der Umwandlung der Kraftarten an. Vermöge der mechanischen Kraft des Armes reißt man die Inductionsrolle von einem Magneten los, es entsteht in dem darum geschlungenen Schraubendrahte ein electrischer Strom, welcher bei Unterbrechung als Funke, oder bei verengter Leitung als glühender Draht (Wärme und Licht) erscheint. Derselbe erregt magnetische Polarität, wenn er als Schraubendraht um eine Stahlnadel geleitet wird; er zersetzt das Wasser, wodurch er geleitet wird, und hebt zugleich seine Affinität und Cohäsion auf, und da nunder dünne Platindraht, die Ampère'sche Schraube und der Wasserzersetzungssapparat gleichzeitig in derselben Kette eingeschlossen sein können, so leuchtet ein, wie die Kraft des Armes unter verschiedenen Verhältnissen als Wärme, Licht, chemische Affinität, Magnetismus und Cohäsion zum Vorschein gekommen ist. — Es ist eine noch nicht durch experimentale Untersuchung beantwortete Frage, ob die verschiedenen Kraftarten, welche wir in der Natur kennen gelernt haben, nicht auf eine einzige Kraft in letzter Instanz zurückgeführt werden müssen; wenn man aber die Natur vom philosophischen Standpunkte aus betrachtet, so wird man geneigt, diese Frage unbedingt zu bejahen. Gegenwärtig können wir durch Versuche nachweisen, dass sich in manchen Fällen die Thätigkeit einer Kraft durch Bewegung und allein nur durch sie äussert; nach unseren Denkgesetzen kann dies auch in denjenigen Fällen, wo wir es nicht nachweisen können, durchaus nicht anders sein. Wir können demnach Kraft als dasjenige definiren, was sich durch Erzeugung von Bewegung äussert. Wir finden allenthalben im ganzen Universum Bewegung, bald

Massenbewegung, bald Molekularbewegung und wir werden auch keine Ruhe erwarten können, weil dort wo Ruhe herrscht, keine Kraft sein kann, und anderseits eine Materie ohne Kraft sich unserm Vorstellungsvermögen entzieht. Wenn aber kein realer Körper ohne Kraft gedacht werden kann, so folgt hieraus der Schluss, dass Bewegung eine allgemeine physikalische Eigenschaft der Körper ist. Die Körperwelt besass also stets Bewegung und man gibt sich einem, meist in falscher oder unvollständiger Induction begründeten Vorurtheile hin, wenn man sich die Ruhe als den ursprünglichen, gewissermassen natürlichen Zustand der im Raume befindlichen Objecte denkt.

Es ist daher nicht allein, wie Cornelius hervorhebt, auch eine ursprüngliche Bewegung denkbar, sondern man muss eine solche ursprüngliche, ursachlose Bewegung in grösster Allgemeinheit annehmen. Ein einmal ruhender Körper kann allerdings nicht mehr aus sich selbst in den Zustand der Bewegung übergehen und ebensowenig kann eine vorhandene Bewegung aus sich selbst heraus modificirt werden: das ist es eben und nur das, was das Gesetz der Trägheit ausspricht; aber die Möglichkeit, ja die Nothwendigkeit einer ursprünglichen, ursachlosen Bewegung wird durch dieses physikalische Gesetz in keiner Weise alterirt, ja sie hat damit nichts zu thun.

Ich habe eben hervorgehoben, dass Bewegung als eine allgemein physikalische Eigenschaft der Körper betrachtet werden müsse; dies könnte auf den ersten Blick paradox erscheinen, wenn Sie daran denken, was gewöhnlich in den physikalischen Lehrbüchern als allgemeine Eigenschaften der Körper aufgezählt wird, wie z. B. Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Theilbarkeit, Schwere u. s. w. Allein das, was man in diesen Lehrbüchern zu den allgemeinen physikalischen Eigenschaften der Körper zu

zählen pflegt, ist weit entfernt dies auch stets zu sein. Die Schwere z. B. ist nichts anderes als eine Wirkung der gegenseitigen Anziehung der Körper aufeinander. Wir beobachten diese allerdings allenthalben, selbst in den entferntesten Himmelsräumen; allein ist die gegenseitige Anziehung desshalb auch eine allgemeine Eigenschaft der Materie als solcher? Ich denke Nein und behaupte, sie ist bloss ein secundärer Effect. Wenn wir uns zwei Körper in einem absolut leeren Raume und völlig unbeeinflusst von anderen Körpern denken, so zwingt uns keine einzige Erfahrung auf dem ganzen Gebiete der Physik zu der Annahme, diese beiden Körper würden sich gegenseitig anziehen, noch ist eine solche Anziehung im Geringsten wahrscheinlich. Ja, unsere Vernunft sträubt sich mit Recht gegen den unlogischen Schluss, die beiden angenommenen Körper würden auch nur den aller unbedeutendsten Einfluss auf einander ausüben. Die Anziehung findet statt durch den mit irgend einem Medium — das gewöhnlich aber sehr unbestimmt Aether genannt wird — erfüllten Raum. Die Art und Weise, wie sie sich offenbart, kennen wir in den Gesetzen der Massenattraction; die Art und Weise dagegen, wie sie sich physisch vollzieht, ist unserm Sehen entrückt. Man spricht bei der Anziehung von Fernwirkung, aber in dem bisher damit verbundenen Sinne jedenfalls mit grossem Unrechte. Denn es ist völlig unbewiesen, anzunehmen, dass die anziehenden Körper da ihre wirkliche Grenze haben, wo wir sie nicht mehr sehen und nicht mehr fühlen können.

Wenn wir zurückgehen auf die Urzeiten, in denen Massen-Bewegung die hauptsächlichste Kraftäusserung der Materie war, so ergibt sich bei einiger Ueberlegung leicht, dass diese Kraftäusserung zunächst, d. h. immerhin im Ver-

laufe eines unbestimmt grossen Zeitraums, zu Wärmeerscheinungen führen musste, d. h. ganz oder zum Theile sich in Wärmeerscheinungen umsetzte, weil die natürlichste und vollständigste Umsetzung der Bewegung eben die in Wärme ist. Durch diese Umsetzung der ursprünglichen Bewegung der Materie in Wärme entstand nun der glühende Gasball, dem unser Sonnensystem sein Dasein verdankt. In diesem wurde die ursprüngliche Bewegung ganz in Wärme umgesetzt. So lange die einzelnen Planeten von dieser ursprünglichen Gluth noch nennenswerthe Ueberreste besaßen, waren sie für sich selbst Quellen physischer Kraft. Nachdem aber die Gluth erloschen war, blieben sie auf die Sonne als einzige Quelle dieser Kraft angewiesen. Für die Erde ist schon bereits seit Millionen von Jahren die Kraftlosigkeit, welche aus dem Mangel eigener Wärme resultirt, eingetreten, für sie ist daher die Sonne die einzige Kraftquelle. Der Strom dieser Kraft, sagt Robert Mayer, der sich über unsere Erde ergiesst, ist die beständig sich spannende Feder, die das Getriebe irdischer Thätigkeiten im Gange hält. Bei der grossen Menge von Kraft, welche unsere Erde in den Weltenraum als wellenförmige Bewegung fortwährend hinauschießt, müsste ihre Oberfläche, ohne beständigen Wiederersatz, alsbald in Todeskälte erstarren. Das Licht der Sonne ist es, welches in Wärme verwandelt, die Bewegungen in unserer Atmosphäre bewirkt, die Gewässer zu Wolken in die Höhe hebt und die Strömung der Flüsse hervorbringt; die Wärme, welche von den Rädern der Wind- und Wassermühlen unter Reibung erzeugt wird, diese Wärme ist der Erde von der Sonne aus in Form einer vibrirenden Bewegung zugesendet worden. Die Natur hat sich die Aufgabe gestellt, das der Erde zuströmende Licht im Fluge zu haschen, und die

beweglichste aller Kräfte, in starre Form umgewandelt, aufzuspeichern.

Um Ihnen von der ungeheuren Menge physischer Kraft, die von der Sonne jeden Tag in den Weltraum strömt, einen annähernden Begriff zu machen, will ich Ihnen zeigen, wie man dieselbe berechnen kann, und Sie werden erstaunen über die ungeheure Grösse dieser Kraft.

Es ist bekannt, dass Wärme nach einem ganz bestimmten Verhältnisse in mechanische Kraft verwandelt werden kann, und dieses Verhältniss, das sogenannte mechanische Aequivalent der Wärme, beträgt nahe 440 Kilogrammometer, d. h. die Menge von Wärme, welche 1 Kilogramm Wasser um 1 Grad des hunderttheiligen Thermometers erwärmt, ist im Stande eine mechanische Kraft auszuüben, welche der Hebung von 440 Kilogramm auf die Höhe von 1 Meter gleich kommt.

Dies vorausgesetzt, handelt es sich zur Beantwortung der obigen Frage nur noch um die Kenntniss der Wärmemenge, welche die Sonne auf eine bestimmte Fläche der Erde herniedersendet. Die Bestimmung dieser Wärmequantität ist nicht leicht, aber die zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen zeigen eine sehr gute Uebereinstimmung. In der That fand Sir John Herschel am Cap der guten Hoffnung aus seinen Versuchen, dass die directe Wärmewirkung der im Zenith stehenden Sonne auf der Meeresoberfläche eine Schicht Eis von 0.00754 Zoll Dicke in der Minute schmelzen kann. Auf einem andern Wege gelangte Pouillet in Paris zu dem Resultate von 0.00703 Zoll. Das Mittel beider Bestimmungen kann nicht weit von der Wahrheit abweichen und man darf annehmen, dass die Sonnenstrahlung 0.00728 Zoll Eis pro Minute zu schmelzen im Stande ist, wenn die Sonne selbst im Scheitelpunkte sich befindet. Beim Durchgange der

Sonnenstrahlen durch die Erdatmosphäre verlieren sie einen Theil ihrer erwärmenden Kraft, ehe sie zur Erdoberfläche gelangen, und Pouillet hat berechnet, dass näherungsweise $\frac{1}{4}$ der Sonnenwärme in unserer Luft- hülle absorbiert wird, so dass die Sonnenstrahlung um den gleichen Betrag intensiver sein würde, wenn die Erde nicht von einer Atmosphäre umhüllt wäre. Man kann also in runder Zahl annehmen, dass bei senkrechtem und ganz ungehindertem Auffallen der Sonnenwärme, diese in der Erdentfernung pro Minute 0.01 Zoll Eis zu schmelzen im Stande sein würde. Da die Intensität der Wärme sich im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung verändert, also in doppelter, dreifacher Entfernung viermal, neunmal schwächer ist als in der Entfernung Eins, so lässt sich leicht berechnen, wie viel Eis die Sonnenwärme pro Minute an der Sonnenoberfläche schmelzen würde. Die Erde ist 214.7 Sonnenhalbmesser von der Sonne entfernt, die Wärmewirkung an der Oberfläche der letztern wird also $214.7 \times 214.7 = 46100$ mal stärker sein und demnach pro Minute 461 Zoll betragen.

Zieht man alle Umstände in Betracht, so ergibt sich, dass die ganze Menge der Sonnenwärme, welche in einem Jahre auf die Erde kommt, ausreicht, um eine Schicht Eis zu schmelzen, welche 100 Fuss hoch die ganze Erdoberfläche bedeckte. Dies macht pro Minute 0.0002 Fuss, und das ist der wahre Betrag für die Intensität der Sonnenstrahlung rücksichtlich der Erde im Durchschnitt.

Die Erdoberfläche umfasst 9260000 Quadratmeilen und die geographische Meile hat 23600 preussische Fuss. Das Areal der Erdoberfläche in Quadratfussen lässt sich hier- nach leicht berechnen. Multiplicirt man die herauskom- mende Zahl mit 0.0002, so erhält man den kubischen In- halt der Eismasse, welche der Schmelzung durch die

Sonnenwärme auf der ganzen Erdoberfläche pro Minute entsprechen würde. Es finden sich hierfür 1,035000 Millionen Kubikfuss. Ein Kubikfuss Eis wiegt 28·4 Kilogramm. Die Sonnenwärme schmilzt also pro Minute $28·4 \times 1,035000$ Millionen Kilogramm Eis. Da nun zum Schmelzen des Eises so viele Wärme gebraucht wird, um 79·4mal sein Gewicht an Wasser um 1°C zu erwärmen, so genügt also die genannte Sonnenwärme, um $79·4 \times 28·4 \times 1,035000,000000$ Kilogramm Wasser um 1°C zu erwärmen.

Nun ist die Wärme, welche 1 Kilogramm Wasser um 1°C erhöht, gleichwerthig der Hebung von 440 Kilogramm auf 1 Meter Höhe, sonach also auch die in Rede stehende Sonnenwärme äquivalent der Hebung von

$440 \times 79·4 \times 28·4 \times 1,035000,000000$ Kilogr.
auf 1 Meter Höhe.

Man rechnet eine Pferdekraft gleich der Hebung von 75 Kilogramm auf 1 Meter Höhe pro Secunde, also von 4500 Kilogramm auf 1 Meter Höhe pro Minute.

Wollen wir also die genannte Sonnenwärme durch Pferdekräfte ausdrücken, so haben wir hierfür

$$\frac{440 \times 79·4 \times 28·4 \times 1,035000,000000}{4500} = 228 \text{ Billionen}$$

Pferdekraft

Das ist also der mechanische Werth der Kraft, welche mit den Sonnenstrahlen in jeder Minute auf die Erde herabkommt und von dieser Kraft wird hier unten alle Bewegung bestritten.

Wir haben oben gesehen, dass die Wärmewirkung an der Sonnenoberfläche hinreicht, pro Minute 461 Zoll Eis zu schmelzen; die gleiche Wirkung an der Erdoberfläche vermag im Durchschnitt nur 0·0002 Fuss oder genauer 0·0023 Zoll Eis zu schmelzen, sie ist also auf

der Sonne 202000mal grösser. Dazu kommt, dass sich dort ihre Wirkung über eine 11600mal grössere Fläche ausdehnt, denn die Sonnenoberfläche übertrifft die Oberfläche der Erde 11600mal. Sonach ist also die mechanische Kraft der Wärmestrahlung der Sonne an ihrer ganzen Oberfläche, d. h. mit andern Worten die totale Intensität der ausstrahlenden Sonnenwärme $202000 \times 11600 = 2340,000000$ mal grösser als der Theil, welcher davon der Erde zu Theil wird. In Pferdekraften ausgedrückt, beträgt endlich das mechanische Aequivalent der gesammten Sonnenstrahlung $2340,000000 \times 228$ Billionen oder 534000 Trillionen Pferdekraft.

Wir können uns diese Kraftmenge, welche von der Sonne auf die Erde strömt, nur unvollkommen vorstellen; aber man kann recht gut begreifen, dass, wenn die Sonne nicht in jeder Secunde der Erde neue Kraftmengen in Gestalt von leuchtenden und dunklen Wärmestrahlen zusendete, es bald mit unsern physischen Kräften hier unten am Ende sein würde. Zwar besitzen die Pflanzen die merkwürdige Eigenschaft, den flüchtigen Sonnenstrahl festzuhalten, und seine Kraft als chemische Differenz aufzuspeichern; allein diese Vorräthe von Kraft, welche wir in den Kohlenlagern besitzen, würden wohl bald aufgezehrt sein, wenn wir ausschliesslich auf sie angewiesen würden. Die Sonne muss immer neue Kraftmengen herabsenden, mit dem letzten Sonnenstrahle würde der Anfang vom Ende alles Lebens und jeder Bewegung auf Erden da sein.

Bei diesen ungeheuren Ausgaben von Wärme und mechanischer Kraft, die bereits seit ungezählten Jahr-millionsen andauern, ist die Frage nach der Zeitdauer, für welche sie noch ferner andauern werden und können, eine sehr natürliche. Die Quelle, aus der all' diese Wärme

stammt, der ursprüngliche Ballungsprocess der Materie, haben wir aufgedeckt, indem wir die Entstehung des Sonnensystems erforschten und logisch erfassten. Die Frage nach der Dauer der Wärmespenden der Sonne habe ich ebenfalls schon bei unsern allgemeinen Betrachtungen über die Dauer des Weltsystems im allgemeinen und des Sonnensystems im besondern erwähnt. Indem wir nun die physischen Zustände des ungeheuren Sonnenballes näher in's Auge fassen, gewinnen wir neue Gesichtspunkte, aus denen wir diese Frage anzusehen haben. So viel will ich indess hier schon bemerken, dass specielle Resultate über die Zeitdauer, während deren die Sonne noch leuchten wird, gegenwärtig durchaus nicht zu erhalten sind. Dagegen kann man behaupten, dass die Sonne bezüglich ihrer physikalischen — glühenden — Zustände gegenwärtig noch ein gewisses Aussehen von Jugend und Kraft besitzt, welches ihr noch eine sehr lange Dauer des Leuchtens und Wärmens verheisst.

Das Centrum der Sonnenkugel befindet sich vom Centrum der Erde in einem mittleren Abstände von 20,000000 geographischer Meilen. Der Durchmesser der Sonne beträgt 185000 geogr. Meilen. Ihr Volum ist also 1,250000mal grösser als das Volum des Erdballes und umfasst daher 3313 Billionen Kubikmeilen. Da nun die Masse der Sonne 320000mal die Erdmasse übertrifft, so ergibt sich die durchschnittliche Dichte des Sonnenballes zu $\frac{256}{1000}$ der mittlern Erddichte. Schon die geringe mittlere Dichte der Sonne beweist, dass diese nicht aus festen Stoffen bestehen kann, sondern dass in ihrer Constitution der flüssige und gasförmige Zustand vorherrschen müsse. Inzwischen hat man erst in der neuesten Zeit auf diesen Umstand einiges Gewicht gelegt, nachdem durch andere Thatsachen der glühend-flüssige und glühend-gasförmige

Zustand der Sonne nachgewiesen war. Bis dahin hielt man den überwiegend grössten Theil der Sonne für einen festen, erdartigen Körper, der von einer leuchtenden und wärmenden Hülle, oder vielmehr von einer grössern Anzahl solcher zwiebelschalartig übereinander gezogenen Hüllen umgeben sei.

Die Untersuchung der Sonnenscheibe mittels des Fernrohres zeigt eine wechselnde Menge von Gebilden, womit dieselbe bedeckt ist, und zwar sind die genannten Gebilde bald heller bald dunkler als der eigentliche Grund der hellen Sonnenscheibe. Die hellen Gebilde nennt man Sonnenfackeln, die dunkeln werden Sonnenflecke genannt. Die Sonnenfackeln sind gegenwärtig noch am wenigsten genau untersucht, jedoch steht so viel fest, dass sie, ebenso wie die hellen Lichtadern, welche einzelne Theile der Sonne gelegentlich netzartig überziehen, überall auf der Sonnenscheibe auftreten und in keiner Region derselben stets ganz fehlen. Gewissen Beobachtungen zufolge kehren die Sonnenfackeln periodisch in gewissen Theilen der Sonne in grösserer Häufigkeit wieder, und zwar rückt die Zone der grössten Häufigkeit der Fackeln innerhalb einer Periode von etwa 11 Jahren von den Polen der Sonne gegen ihren Aequator herab.

Die Sonnenflecke sind die am meisten in die Augen fallenden Bildungen auf der Sonnenscheibe und sie sind auch in der That am meisten und frühesten beobachtet worden. Schon die ersten Beobachter dieser Flecke, Fabricius, Galilei und Scheiner, fanden, dass sich dieselben von Ost nach West über die Sonnenscheibe fortbewegen und dabei etwa 13 Tage gebrauchen, um von dem einen zum andern Sonnenrande zu gelangen. Die Sonne dreht sich also nahe in der doppelten Zeit oder in etwa 26 Tagen einmal um ihre Axe. Zeichnet

man die scheinbaren Bahnen der Sonnenflecke in einen grossen, die Sonne vorstellenden Kreis ein, so findet man, dass diese Bahnen Ellipsen sind, welche ihre grösste Krümmung gegen den 5. September hin zeigen, dann immer schmaler und schmaler werden, bis sie uns am 5. December als gerade Linien erscheinen, die mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von etwa 7 Grad machen, hierauf sich wieder mehr und mehr, aber nach der entgegengesetzten Seite wie früher, krümmen, bis sie am 5. März wieder einen grössten Bogen in ihrer Bewegung zeigen, um hierauf bis zum 5. Juni abermals mehr und mehr in ihren Bahnen die Gestalt einer geraden Linie anzunehmen. Hieraus folgt, dass die Bewegungen der Flecke nicht in einer mit der Ebene der Erdbahn zusammenfallenden Ebene stattfinden, oder mit anderen Worten, dass die Ebene des Sonnenäquators gegen die Ebene der Erdbahn geneigt ist. In der That beträgt, wie schon vorhin angegeben, die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik nahe 7 Grad und die Durchschnittslinie beider Ebenen, also die durch die Sonne gehende Knotenlinie trifft die Erdbahn im 75. und 255. Grade der Länge. Nach Spörer's genauen Untersuchungen beträgt die Neigung des Sonnenäquators $6^{\circ} 57'$ und die Länge des aufsteigenden Knotens für die Jahre 1866 und 1867: $74^{\circ} 36'$. Aus Gründen, auf die ich sogleich zurückkommen werde, sind diese beiden Grössen erheblich weniger genau bestimmt, als man von vornherein zu erwarten berechtigt gewesen sein sollte. Deshalb kann man auch nicht mit Sicherheit beurtheilen, ob die Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Erdbahn, noch ob die Neigung des Sonnenäquators sich verändere. Ich will indess hier alle, einigermaßen genauen Untersuchungen, welche Werthe für die genannten beiden Elemente der Sonnenrotation

geliefert haben, zusammenstellen, nebst den Zeiten, worauf sie sich beziehen.

Beobachter	Jahr	Neigung	Länge des aufst. Knotens
Scheiner	1675	7° 30'	69° 30'
Cassini	1734	7 30	70 10
Lalande	1776	7 15	77 50
Flaugergues	1798	7 18	78 13
Bianchi	1817	7 14	70 30
Böhm	1835	6 57	76 4
Laugier	1840	7 9	75 8
Petersen	1841	6 51	73 29
Carrington	1850	7 15	73 40
Spörer	1866	6 57	74 36

Aus diesen Zahlen ist keine Veränderung weder in der Neigung noch in der Knotenlänge ersichtlich, höchstens vielleicht eine Abnahme der Neigung angedeutet, aber ohne dass man hierüber einige Sicherheit erlangen könnte, indem die sehr genauen und zahlreichen Beobachtungen von Carrington und Spörer in ihren Resultaten bezüglich der Neigung und Knotenlänge um einen grössern Betrag differiren, als einer wirklichen Aenderung in dem Zeitraume von 16 Jahren entsprechen könnte. Die wahre Ursache dieser Abweichungen der einzelnen Beobachtungsreihen von einander ist vielmehr in der eigenen Bewegung der Flecke zu suchen, welche letztere neben der allgemeinen Rotationsbewegung besitzen. Schon vor mehr als zweihundert Jahren hat der Jesuit Scheiner durch anhaltende Beobachtungen, über die er in seinem Buche *Rosa Ursina* von Zeichnungen begleitete Nachrichten mittheilt, die Eigenbewegung der Sonnenflecke erkannt. Die südlichen Flecke, sagt er, vollbringen die Umlaufsbewegung in kürzerer Zeit als die nördlichen. Dieses Resultat ist von Johann Cassini,

Schröter und besonders von Laugier bestätigt worden, doch haben erst in der jüngsten Zeit Carrington und Spörer so zahlreiche und genaue Beobachtungen von Sonnenflecken geliefert, dass an eine Untersuchung des Gesetzmässigen in dem Auftreten der eigenen Bewegungen der Flecke gedacht werden durfte. Es ergab sich hierbei das merkwürdige Gesetz, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit der einzelnen Zonen der Sonnenoberfläche in dem Masse geringer wird, als diese Zonen weiter entfernt vom Aequator sich befinden. Wenn aber die Umdrehungsgeschwindigkeit abnimmt, so muss die Zeit, innerhalb welcher eine ganze Umdrehung vollführt wird, d. h. die Rotationsdauer, zunehmen. Um zu zeigen, wie gross die Unterschiede in dieser Beziehung für die einzelnen Breitengrade der Sonnenoberfläche sind, will ich hier die Rotationszeiten für einzelne Zonen der Sonne nach den Beobachtungen von Carrington und den Rechnungen von Faye mittheilen.

Unter dem Sonnenäquator vollführen die Flecke einen ganzen Umlauf in 25.19 Tagen; unter dem 5. Grade der Breite beträgt diese Umlaufszeit 25.22 Tage; unter dem 10. Grade der Breite 25.33 Tage; unter dem 15. Grade 25.50 Tage; unter dem 20. Grade 25.74 Tage; unter dem 25. Grade 26.04 Tage; unter dem 30. Grade 26.40 Tage; unter dem 35. Grade 26.80 Tage; unter dem 40. Grade 27.25 Tage; unter dem 45. Grade 27.73 Tage. Wenn die Zunahme der Rotationsdauer in dieser Weise bis zu den Polen der Sonne fortschritte, so würden in der Nachbarschaft derselben die Flecke einen Zeitraum von mehr als 30 Tagen nöthig haben, um ihre Rotation einmal zu vollbringen. Ob dies aber der Fall ist, weiss man gegenwärtig nicht, denn grössere Sonnenflecke erscheinen niemals in der Nähe der Sonnenpole und

ebenfalls nur höchst selten am Sonnenäquator. Vielmehr ist die eigentliche Fleckenregion der Sonne zwischen dem 5. und 30. Breitengrade nördlich und südlich vom Sonnenäquator zu suchen. Das hat schon Scheiner bemerkt und er nannte diese Fleckenregion die königliche Zone.

Die Flecke treten meist in Gruppen auf, aber die Eigenbewegungen der einzelnen Glieder einer Fleckengruppe sind sehr von einander abweichend. Die Zertheilung oder Auflösung einer Gruppe erfolgt zu verschiedenen Zeiten und nach den verschiedensten Richtungen hin. Francis Wollaston vergleicht charakteristisch die Veränderungen eines Sonnenfleckes, den er im Jahre 1774 beobachtete, mit der Erscheinung, welche man wahrnimmt, wenn man eine Eisscholle auf eine gefrorene Wasserfläche wirft, wo dann die einzelnen Theile, in welche das Eis zerbricht, nach allen Richtungen hin fortgleiten.

Sind diese Veränderungen und Abweichungen in der eigenen Bewegung der Sonnenfleckes und ihre Austheilung über die Sonnenoberfläche schon auffällig genug, so sind damit die Merkwürdigkeiten, welche uns diese Gebilde darbieten, noch lange nicht erschöpft. Die Flecke zeigen nämlich, worauf ich sogleich näher zurückkommen werde, einen periodischen Wechsel in ihrer Häufigkeit, und Professor Spörer hat schon vor 1869 aus seinen Beobachtungen gefunden, dass die Vertheilung der Flecke über die Sonnenscheibe, so wie die Grösse der Eigenbewegung derselben unter verschiedenen Breiten eine andere ist, in den Zeiten, wo die Flecke überhaupt sehr zahlreich sind — ihr Maximum haben — als dann, wenn sie in geringer Anzahl vorhanden sind — um die Zeit eines Fleckenminimums. So zufällig auch das Entstehen, die im Allgemeinen nur selten ein paar Monate über-

steigende Dauer und das Vergehen der Sonnenflecke für uns erscheinen mögen, so befolgt doch die Häufigkeit der in den verschiedenen Jahren auftretenden Flecke eine bestimmte Ordnung, sie ist an eine feste Periode geknüpft. Der Erste, der dies durch unverdrossen Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen nachwies, war Sch w a b e in Dessau, darauf hat Rudolf Wolf in Zürich den Gegenstand aufgegriffen und mit solcher Beharrlichkeit das die Beobachtung der Sonnenflecke betreffende Material gesammelt und bearbeitet, dass wir durch die Thätigkeit dieses Mannes heute eine ganz neue Kenntniss von den Fleckenzuständen der Sonne fast bis zur ersten Entdeckung derselben besitzen. Hiernach befolgen die Sonnenflecke bezüglich ihrer Häufigkeit eine Periode von 11 Jahren und 57 Tagen, d. h. wenn gegenwärtig die zahlreichsten Flecke vorhanden sind, d. h. das Fleckenmaximum eingetreten ist, so findet das Gleiche wiederum 11 Jahre später statt und dazwischen fällt eine Epoche, in welcher die Sonnenflecke ein Minimum in ihrer Anzahl zeigen. Allein diese Periode von 11 Jahren und 57 Tagen ist nur ein mittlerer Werth, die einzelnen Perioden sind von ungleich langer Dauer, und zwar in ziemlich regelmässiger Folge, so dass also eine Periode in der Periode existirt. Um diese höchst interessante Thatsache mit der nothwendigen Klarheit darzustellen, will ich Ihnen die von Wolf berechneten Zeiten mittheilen, zu welchen die Sonnenflecke ein Maximum und ein Minimum besaßen, so wie ausserdem die Zwischenzeit zwischen je zwei aufeinander folgenden Maximis und Minimis. Die Zeitangaben sind in Jahren und deren Theilen ausgedrückt, so dass z. B. 1615.5 die Mitte des Jahres 1615 bezeichnet.

Zeit des Flecken-Maximums	Zwischen- zeit in Jahren	Zeit des Flecken - Minimums	Zwischen- zeit in Jahren
1615.5	10.5	1610.8	8.2
1626.0	13.5	1619.0	15.0
1639.5	9.5	1634.0	11.0
1649.9	11.0	1645.0	10.0
1660.0	15.0	1655.0	11.0
1675.0	10.0	1666.0	13.5
1685.0	8.0	1679.5	10.0
1693.0	12.5	1689.5	8.5
1705.5	12.7	1698.0	14.0
1718.2	9.3	1712.0	11.5
1727.5	11.2	1723.5	10.5
1738.7	11.3	1734.0	11.0
1750.0	11.5	1745.0	10.7
1761.5	8.5	1755.7	10.8
1770.0	9.5	1766.5	9.3
1779.5	9.0	1775.8	9.0
1788.5	15.5	1784.8	13.7

Zeit des Flecken-Maximums	Zwischen- zeit in Jahren	Zeit des Flecken - Minimums	Zwischen- zeit in Jahren
1804.0	12.8	1798.5	12.0
1816.8	12.7	1810.5	12.7
1829.5	7.7	1823.2	10.6
1837.2	11.4	1833.8	10.2
1848.6	11.6	1844.0	12.2
1860.2	10.3	1856.2	11.0
1870.5		1867.2	

Sieht man sich die Zahlen für die Zwischenzeiten, d. h. für die Längen der einzelnen Perioden, genauer an, so findet man, dass sie sich mit einiger Regelmässigkeit verändern; die längste Dauer einer Fleckenperiode, zwischen 1788 und 1804 war $15\frac{1}{2}$ Jahre, und ihr folgte zwischen 1829 und 1837 die kürzeste mit $7\frac{7}{10}$ Jahren. Die vorhergehende kleinste Periode (zwischen zwei Maximis) verlief in den Jahren 1761 bis 1770, so dass also von 1761 bis 1788 die Dauer der Fleckenperioden nach und nach zugenommen, von da ab indess wieder bis zum Jahre 1829 abgenommen hat, die Periode der Fleckenperiode würde also 67 bis 68 Jahre betragen. Die allerdings weit weniger genauen Bestimmungen von 1650 bis gegen 1700, geben ein abweichendes Resultat und Rudolf Wolf schliesst daher auf eine Hauptperiode von $55\frac{1}{2}$ Jahren. Eine neue Untersuchung über die Dauer der Generalperiode der Sonnenflecke, welche Hornstein angestellt, ergab dafür

69.73 Jahr, also nahe dem von mir früher gefundenen Werth. Wir werden wohl noch bis Ende dieses Jahrhunderts warten müssen, um geeignete Daten zu einer sichern Entscheidung über die Länge der Hauptperiode der Sonnenflecke zu erhalten.

Allein was ist die Ursache der periodischen Aenderungen in der Häufigkeit der Sonnenflecke? Was haben diese Gebilde überhaupt für eine physikalische Natur? Die Beantwortung der ersten dieser beiden Fragen scheint durch die genügende Beantwortung der zweiten bedingt zu werden; wenigstens ist es klar, dass, wenn eine kosmische Ursache für die Sonnenfleck-Häufigkeit nicht zu finden ist, diese Erscheinung wohl auf Zustände und Bedingungen, welche in der Sonne und den Flecken selbst gegeben sind, zurückgeführt werden müsse. So viel man nun auch nach extrasolaren Einflüssen gesucht hat, welche die Sonnenfleck vermehren oder vermindern könnten, so haben sich solche doch mit Sicherheit nicht nachweisen lassen und wenn man nicht zu den willkürlichsten und gewagtesten Hypothesen seine Zuflucht nehmen will, kann man gegenwärtig keine Erklärung für die Veränderungen der Fleckenhäufigkeit der Sonne geben, welche diese auf Einflüsse, die ausserhalb des Sonnenkörpers liegen, zurückführt.

Wir müssen daher zusehen, ob es nicht gelingt, diese periodische Häufigkeit der Sonnenflecke aus Zuständen, welche in der physischen Constitution der Sonne selbst liegen, abzuleiten. Zu diesem Ende wollen wir zuerst untersuchen, was die Sonnenfleck eigentlich ihrer Natur nach sind.

Ich will hier das Geschichtliche der verschiedenen Hypothesen über die Natur der Sonnenfleck nicht im Einzelnen durchgehen, sondern nur bemerken, dass die-

jenen Anschauungen über diese merkwürdigen Gebilde, welche bis zum Anfange der zweiten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts als die zweifellos richtigen galten, gegenwärtig Dank der mächtigen Unterstützung, welche die Spectralanalyse der beobachtenden Astronomie geleistet hat, allgemein als irrthümlich anerkannt sind. Der deutsche Physiker Kirchhoff hat es zuerst gewagt, die bis dahin in der Astronomie geltende Hypothese von der Constitution der Sonne und ihrer Flecke anzugreifen, indem er es aussprach, wie dieselbe in solchem Grade sicheren physikalischen Erkenntnissen widerspreche, „dass sie selbst dann verworfen werden müsse, wenn man nicht im Stande wäre, die Erscheinungen der Sonnenflecke auf eine andere Weise auch nur einigermaßen begreiflich zu machen“. Kirchhoff erklärte die Sonnenflecke für Wolken, die in der glühenden Sonnenatmosphäre schwimmen. In der Atmosphäre der Sonne, sagt er, müssen ähnliche Vorgänge wie in der unserigen stattfinden; locale Temperaturerniedrigungen müssen dort wie hier die Veranlassung zur Bildung von Wolken geben. Die Hypothese Kirchhoff's fand eine Bestätigung in den Beobachtungen Spörer's und sie erschien auch in der That, wenigstens den alten Anschauungen gegenüber, als die allein zulässige. Später hat jedoch der scharfsinnige Physiker Zöllner eine Theorie aufgestellt und begründet, nach welcher die Sonnenflecke schlackenartige Producte auf der glühend-flüssigen Oberfläche der Sonne sind. Diese Theorie hat gegenwärtig eine grosse Wahrscheinlichkeit für sich, dass sie vielleicht als die richtige betrachtet werden darf. In der That hat man bezüglich der Sonnenflecke kaum mehr hinreichende Gründe, sie für etwas anderes als wolkenartige oder als schlackenartige Producte zu betrachten. Zöllner hat nun neuerdings auf einen Umstand aufmerksam gemacht, welcher geeignet ist, die Ent-

scheidung in dieser Alternative zu geben. Wären nämlich die Flecken wolkenartige, in der Sonnenatmosphäre schwimmende Massen, nach Analogie der irdischen Wolken, welche an den Bewegungen der Atmosphäre Theil nehmen, so müssten sie, da den verschiedenen Breitengraden der Sonnenoberfläche eine ungleiche Rotationsgeschwindigkeit zukommt, in der dem Aequator parallelen Richtung mehr oder minder verlängert erscheinen. Im Durchschnitt beträgt nach den Beobachtungen Carrington's der Unterschied der täglichen Rotationsgeschwindigkeit zweier Punkte der Sonnenoberfläche, deren Breiten auf der Sonne 28° und 30° beträgt, etwa $4\frac{6}{10}$ Bogenminuten. Nach Verlauf von n Tagen müssten sich diese beiden Punkte offenbar um $n \times 4\frac{6}{10}'$ von einander entfernt haben, und das ursprüngliche Wolkengebilde von 2 Grad Durchmesser würde zu einem Streifen von $2^{\circ} + n \times 4\frac{6}{10}'$ ausgedehnt worden sein, welcher mit zunehmender Entfernung der beiden Punkte immer mehr eine dem Aequator parallele Richtung annähme. Die Breite des Streifens wäre in der Mitte am grössten und nähme nach beiden Seiten ab. Gesetzt also, wir beobachteten das Entstehen eines nach allen Richtungen ziemlich gleich entwickelten Flecks von 2 Grad Durchmesser und verfolgten diesen Fleck während der Zeit einer Rotationsdauer der Sonne, also etwa 25 Tage hindurch, so müsste sich dieser Fleck — falls er aus einer, in der Sonnenatmosphäre schwimmenden Wolke bestände — in einen Streifen von 4 Grad Länge verwandelt haben. Derartige Erscheinungen werden aber bei den Sonnenflecken nicht beobachtet, trotzdem ihre Dimensionen die oben angenommenen oft weit übertreffen. Man kann daher die Abwesenheit jeder Spur von Streifenbildung auf der Sonne als einen gewichtigen Beweis gegen die wolkenartige Natur der Sonnenflecke betrachten. Früher

habe ich selbst der Kirchhoff-Spörer'schen Ansicht gehuldigt, welche in den Sonnenflecken wolkenartige Producte erblickt; nach der soeben mitgetheilten Argumentation Zöllner's muss man jedoch, wie ich glaube, die Sonnenflecke mehr als schlackenartige Massen auf der Oberfläche des glühend-flüssigen Sonnenballes ansehen. Hieraus erklärt sich auch die mehrfach beobachtete rotatorische Bewegung grosser Flecke auf eine ebenso einfache als elegante Weise. Denken Sie sich nämlich der Einfachheit halber einen kreisförmigen Sonnenfleck, dessen südlichster Rand unter dem 25. und dessen nördlichster Rand unter dem 30. Grade nördlicher Breite auf der Sonnenoberfläche sich befindet. Nach den Untersuchungen von Carrington beträgt die tägliche Rotationsbewegung der Sonnenoberfläche unter dem 25. Breitengrade 829.51 und unter dem 30. Breitengrade 818.27 Bogenminuten eines grössten Kreises der Sonnenoberfläche. Der südliche Rand unseres Flecks wird also täglich um 11.24 Bogenminuten mehr nach Osten vorwärts getrieben als der nördliche. Diese 11.24 Bogenminuten entsprechen aber auf der Sonnenoberfläche einer Länge von 304 Meilen, so viel also beträgt der tägliche Unterschied in der Bewegung der Ränder unseres Flecks. Wäre dieser Fleck nicht eine zusammenhängende starre Masse, so müsste er bei einem so beträchtlichen Unterschiede in der Fortbewegung seiner extremen Theile zerreißen und manche Theile mögen auch in der That hierdurch zerspaltet werden. Wo dies aber nicht der Fall ist, muss die stärkere Fortbewegung am südlichen Theile des Flecks offenbar eine Drehung desselben um sein Centrum in der Richtung von Süd durch Ost nach Nord hervorrufen. Diese Drehung erfolgt also im entgegengesetzten Sinne wie diejenige eines Uhrzeigers. Für einen

Fleck auf der südlichen Halbkugel der Sonne muss die Drehungsrichtung, wie man sich leicht begreiflich machen kann, die entgegengesetzte sein, also im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers, d. h. von Süd durch West nach Nord stattfinden. Zöllner hat mit Hülfe einer mathematischen Untersuchung gezeigt, dass die unter der Sonnenoberfläche liegenden Schichten der glühenden Flüssigkeit eine grössere Bewegung im Sinne der Rotation — also vom Centrum der Sonne aus betrachtet, in der Richtung von West nach Ost, von der Erde aus gesehen, in der Richtung von Ost nach West — besitzen, als die oberen Schichten. Hieraus resultirt für grosse und tief unter die Sonnenoberfläche hinabreichende Flecke ein neuer Impuls zu rotirender Bewegung. Denken Sie sich der Einfachheit halber einen Sonnenfleck von beträchtlicher Grösse und kugelförmiger Gestalt, so wird der untere Theil dieser Kugel, weil er einen stärkern Bewegungsantrieb in der Richtung nach Osten hin empfängt als das Centrum und die obere Hälfte, dahin streben, die ganze Kugel um eine horizontale, in der Richtung Süd-Nord liegende Axe gegen Westen hin zu drehen. Diese Drehung muss wirklich stattfinden, und die Fleckenkugel demgemäss in einer der grossen Sonnenkugel entgegengesetzten Richtung rotiren. Die Geschwindigkeit der Umdrehungsbewegung nimmt nun nach den Untersuchungen von Zöllner von der Oberfläche der Sonne aus gegen den Mittelpunkt viel schneller zu, als von höheren gegen niedrigere Breiten. Folglich würde für eine an der Sonnenoberfläche schwimmende Kugel die Rotationsbewegung um die horizontale Axe eine beträchtlich viel grössere als diejenige um die Verticale sein müssen. Die Sonnenflecke sind nun aber keine Kugeln, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach mehr oder minder platte, schollenartige Kör-

per, deren horizontale Dimensionen demnach ungleich bedeutender als ihre verticalen sind. Der erwähnte Drehungsmoment wird daher — wie Zöllner hervorhebt — nur dann eine Rotation um die horizontale Axe zu erzeugen im Stande sein, wenn er stark genug ist, um den Gegendruck zu überwinden, welcher bei einem so gestalteten Körper durch das theilweise Heraustreten der vorangehenden Theile aus der Flüssigkeit erzeugt wird. Ist die Grösse des Drehungsmoments hierzu nicht ausreichend, so wird sich seine Wirkung auf eine permanente Lagenveränderung des schwimmenden Körpers reduciren, die darin besteht, dass der in der Bewegung vorangehende Theil gehoben, der nachgehende gesenkt wird, so dass der hierdurch erzeugte Gegendruck dem Drehungsmoment stets das Gleichgewicht hält. Die Oberfläche solcher Körper wird demgemäss nicht eine horizontale, sondern eine etwas schräge, im Sinne der Rotation aufsteigende Lage erhalten. Die Grösse des hierdurch erzeugten Neigungswinkels hängt einerseits von dem Verhältnisse der Dicke zur Oberfläche des schwimmenden Körpers, anderseits von der Tiefe des Eintauchens und der in verschiedenen Tiefen herrschenden Geschwindigkeitsdifferenz der strömenden Schichten ab. Aendern sich diese Verhältnisse bei demselben Körper, so müssen dieselben sowohl von Aenderungen der rotatorischen als auch der translatorischen Bewegungen begleitet sein. So müsste z. B. eine schnelle Zunahme der Tiefe des Eintauchens auch mit einer schnellen Vergrösserung der Bewegung im Sinne der Rotation verbunden sein, da in diesem Falle die tieferen, schneller rotirenden Schichten einen grösseren Einfluss auf die Fortbewegung der schwimmenden Masse gewinnen würden. Würde der Körper durch eine plötzliche Veränderung seines Gleichgewichtes

untergetaucht, so müsste er an einer andern Stelle wieder emporsteigen, welche der ursprünglichen im Sinne der Rotation vorausliegt.

Ich habe die vorstehenden Entwicklungen Zöllner's ausführlich hierhin gesetzt, weil sie mit höchster Klarheit, ohne Anwendung mathematischer Symbole, einen schwierigen Gegenstand behandeln, der für die Erklärung der Bewegungen der Sonnenflecke von grösster Wichtigkeit ist. Die plötzlichen Gestaltveränderungen der Flecke, aus welcher Ursache sie immerhin entstehen mögen, müssen nothwendig mit Veränderungen in der Tiefe des Eintauchens der einzelnen Schlackenstücke verbunden sein. Hierdurch aber müssen, auf Grund der vorstehenden Entwicklungen, weiter grosse und plötzliche Bewegungsdifferenzen der einzelnen Fleckenstücke erzeugt werden. Je grösser die Veränderungen in der Tiefe des Eintauchens der Flecke, um so grösser müssen auch die Aenderungen in der Bewegung derselben sein. Solche Aenderungen in der Tiefe des Eintauchens müssen aber, wie man leicht begreift, am stärksten in den Zeiten der Entwicklung und Auflösung der Flecke auftreten. Im erstern Falle nämlich nimmt die sich bildende Schlacke an Dicke zu, im letztern nimmt sie ab. Das wird nun vollkommen durch die Beobachtungen bestätigt, indem Spörer ausdrücklich hervorhebt, dass das allgemeine Gesetz, nach welchem einer bestimmten Breite auf der Sonne auch eine bestimmte Bewegungsgeschwindigkeit zukomme, nicht für die erste Phase in der Entwicklung der Fleckengruppe gelte, indem alsdann sehr beträchtliche, verschiedene und einander entgegengesetzte Bewegungen beobachtet würden. Spörer hat ferner gefunden, dass meist, wenn der östliche Theil einer Fleckengruppe verschwunden ist, im westlichen Theile ein Hauptkern bleibt. Diese Erschei-

nung erklärt sich ungezwungen aus den vorhergehenden Betrachtungen über die schräge Stellung der Oberfläche eines Schlacken-Flecks. Die im Sinne der Rotation vorangehende Seite ist nämlich die aufsteigende und das ist von der Erde aus gesehen die westliche. Auf der nachfolgenden (östlichen) Seite muss aber wegen der schrägen Lage stets ein grösserer Theil des Schlackenfeldes von der glühenden Flüssigkeit umspült werden, und daher hier auch schnellere Auflösung erfolgen als auf der anderen Seite, die mehr oder weniger über die glühende Flüssigkeit hervorragt.

Das Mitgetheilte zeigt deutlich, in wie ungezwungener und überraschender Weise die Zöllner'sche Theorie der Sonnenflecke, nach welcher dieselben ungeheure Schlackenmassen sind, die auf der glühenden Sonnenoberfläche schwimmen, alle Erscheinungen, welche man bei der Bewegung, Auflösung und Neubildung dieser merkwürdigen Körper wahrgenommen hat, als nothwendig erklärt. Aber Zöllner geht noch weiter; er leitet aus seiner Theorie auch die periodische Ab- und Zunahme der allgemeinen Häufigkeit der Sonnenflecke, sowie ihre Verbreitung in zwei dem Aequator parallelen Zonen, ihre Seltenheit in den äquatorealen und den polaren Gegenden der Sonne ab. Ich will versuchen, die Entwicklungen des Leipziger Physikers und Astronomen Ihnen deutlich zu machen.

Die Sonne ist, wie wir bisher stets angenommen haben, und was auch in der Folge durch weitere Gründe unterstützt werden soll, ein ungeheurer Ball, der aus glühend-flüssiger Materie besteht. Ueber dieser glühenden Flüssigkeit lagert eine glühende Atmosphäre, die einen Theil der die Flüssigkeit zusammensetzenden Stoffe in gas- oder dampfförmigem Zustande enthält.

Die Art und Weise, wie diese Atmosphäre sich der Ausstrahlung der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche gegenüber verhält, wird eine Analogie zu derjenigen Art und Weise darbieten, wie unsere Erdatmosphäre die Wärmestrahlung der Erdoberfläche beeinflusst. Ist nämlich die Erdatmosphäre ruhig und wolkenfrei, so ist die nächtliche Wärmeausstrahlung der Erde gegen den kalten Weltraum äusserst beträchtlich. Man hat gefunden, dass durch diese Ausstrahlung sich bisweilen der vorher warme Erdboden bis auf 5 oder 6 Grad C unter die Temperatur der Luftschichten abkühlte. Hierdurch entsteht bekanntlich der Thau oder wenn der Wasserdampf der erkalteten, mit der Erdoberfläche in Berührung befindlichen untersten Luftschichten sich an Körper ansetzt, welche bis unter den Eispunkt erkaltet sind, der Reif. Wenn die Erdatmosphäre nicht heiter oder nicht ruhig ist, so entsteht kein Thau. Bedeckter Himmel hindert nämlich die nächtliche Ausstrahlung, er schützt die Erdoberfläche wie ein Mantel; der Wind aber verhindert die Thaubildung, weil er stets neue warme Luft an den erkaltenden Körpern vorüberführt.

Aehnlich muss auch auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche der Hergang der Dinge sein. Wo die glühende Sonnenatmosphäre ruhig und klar ist, muss der darunter befindliche Theil des flüssigen Sonnenkörpers durch Ausstrahlung eine bestimmte Temperaturerniedrigung erfahren. Wenn diese Temperaturerniedrigung eine gewisse Grösse erlangt, so muss sich dies für einen entfernten Beobachter durch eine Abnahme der Leuchtkraft der Sonne an jener Stelle bemerklich machen und schliesslich wird er dort einen dunkeln Fleck wahrnehmen. Der hier geschilderte Vorgang kann sich selbstredend gleichzeitig an verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe vollziehen;

Fleckenbildung auf der Sonnenoberfläche kann daher gleichzeitig an mehreren Stellen eintreten. Sobald aber der Fleck entstanden ist, erzeugt er in seiner Umgebung in der Sonnenatmosphäre beträchtliche Gleichgewichtsstörungen nach Analogie unserer Land- und Seewinde. Es müssen daher, wie Zöllner im Einzelnen entwickelt hat, wolkenartige Condensationerscheinungen eintreten, welche in einer gewissen Höhe die Küsten der Schlackeninseln — d. h. eben der Flecke — umkränzen und sich uns, von der Erde aus gesehen, als graue Höfe darstellen werden, welche die Flecke umgeben und deren Conturen im allgemeinen wiederholen. Das findet in der That statt, und man hat diesen Höfen den Namen *Penumbran* oder *Halbschatten* beigelegt, weil sie niemals so dunkel erscheinen als die eigentlichen Flecke selbst.

Durch die in der beschriebenen Weise erzeugten Bewegungen in der Sonnenatmosphäre — die also der Entstehung des Flecks ihren Ursprung verdanken — werden aber nun wieder gerade diejenigen Bedingungen aufgehoben, denen der Fleck überhaupt sein Entstehen verdankte, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Nachdem der Fleck also durch die Temperaturerniedrigung eines Theiles der Sonnenoberfläche in Folge der hier stattgehabten starken Wärmeausstrahlung entstanden ist, wird die fernere stärkere Wärmestrahlung an dieser Stelle sistirt. Die abgekühlten Punkte können sich nun allmählig wieder erwärmen, und zwar theils von unten durch Berührung mit den darunter befindlichen heisseren Theilen der glühenden Flüssigkeit, theils von oben durch Berührung mit den von heisseren Stellen herbeiströmenden Gasmassen. Wenn sich aber durch diesen Process die in Folge der Ausstrahlung entstandenen Temperaturdifferenzen wieder ausgeglichen haben, so ist damit natürlich

auch der Sonnenfleck aufgelöst worden, und es tritt in der Sonnenatmosphäre nach und nach wieder jener ursprüngliche Gleichgewichtszustand ein, der von Neuem diejenigen Bedingungen herstellt, welche eine Wiederholung der Fleckenbildung herbeiführen können. Bei den gewiss verschiedenartigen Umständen, welche auf der Sonnenoberfläche und in der Sonnenatmosphäre stattfinden, muss natürlich die vollständige Ruhe und Klarheit der letztern ein Zustand sein, der für uns vollkommen, nach Zeit und Dauer, den Charakter des Zufälligen trägt. Nur das können wir behaupten, dass die Dauer eines Flecks auf's Engste mit seiner Grösse verbunden sein muss. Denn die Auflösung desselben wird, wie vorstehend entwickelt worden ist, durch eine Ausgleichung der vorhandenen Temperaturdifferenzen bedingt; wenn aber im Durchschnitt die Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit der sie berührenden und einer Temperatúrausgleichung zustrebenden Stoffe die gleiche ist, so muss die Ausgleichung der Temperaturunterschiede nothwendig um so schneller vollendet sein, je kleiner die Ausdehnung der abgekühlten und wieder zu erwärmenden Masse ist. Auch dieser Schluss wird durch die Beobachtungen vollkommen bestätigt, welche zeigen, dass die kleinen Flecke meist nur eine sehr vorübergehende Dauer besitzen, dass aber das Bestehen während mehrerer Sonnenrotationen im allgemeinen nur bei grossen, ja sehr grossen Flecken vorkommt.

Aus den mitgetheilten Entwicklungen folgt nun ferner, dass die durch die Existenz eines Sonnenflecks in der Sonnenatmosphäre hervorgerufenen Störungen des Gleichgewichts — die Stürme — einen um so grössern Theil dieser Atmosphäre aufregen müssen, je grösser der Fleck selbst ist, der sie hervorruft. Wenn wir uns nun

wieder erinnern, dass Ruhe und Klarheit der Sonnenatmosphäre die ersten Bedingungen zur Bildung eines Sonnenflecks sind, so wird es einleuchtend, dass solche in der Nähe grosser Flecke nicht mehr zu finden sind. Daher wird man auch in der Nachbarschaft von bedeutenden Flecken nicht nach anderen grossen Flecken zu suchen brauchen. Die Richtigkeit dieses Schlusses hat die Beobachtung längst erwiesen. Wenn daher ein grösserer Fleck an einer Stelle der Sonnenoberfläche sich befindet, so muss er auf seine Umgebung einen solchen Einfluss ausüben, dass in seiner Nähe, während seiner Existenz, die Bildung weiterer Flecke erschwert wird. Die gleichzeitige Entstehung von mehreren Flecken innerhalb eines gewissen Bezirks auf der Sonne wird dagegen durch die physikalischen Zustände derselben sehr begünstigt. Man begreift nämlich leicht, dass, wenn der Zustand von Ruhe und Klarheit der Sonnenatmosphäre eine längere Zeit hindurch anhalten soll, wie dies zur Bildung eines Flecks nothwendig ist, dann auch die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre eine grössere Ausbreitung haben muss, oder mit anderen Worten: die längere Dauer eines bestimmten atmosphärischen Zustandes ist nur möglich bei grösserer Ausdehnung derselben. Wir sehen dies ja auch auf unserer Erde: die Zustände unserer Atmosphäre, der Witterung, halten im Allgemeinen um so längere Zeit hindurch an, je grösser der Verbreitungsbezirk ist, über welchen hinaus sie sich erstrecken. Wenn wir daher, so schliesst Zöllner sehr scharfsinnig, an einer bestimmten Stelle der Sonnenoberfläche das Entstehen eines Flecks beobachten, und hieraus auf einen an dieser Stelle vor der Entstehung des Flecks längere Zeit hindurch wirksam gewesenen Zustand relativer Ruhe und Klarheit der Atmosphäre schliessen müssen, so wird dieser Zustand nicht

nur auf die vom Flecke eingenommene Stelle beschränkt gewesen sein, sondern auch noch innerhalb einer gewissen Entfernung in der Umgebung dieser Stelle vorausgesetzt werden müssen. Es werden folglich innerhalb dieses Verbreitungsbezirkes die Bedingungen zur gleichzeitigen Entstehung anderer Flecke günstiger und daher die Bildung der letzteren wahrscheinlicher als an entfernteren Stellen sein. Möglicherweise kann man, wie Zöllner hervorhebt, durch diesen Umstand das sonst ganz unerklärliche Auftreten der Flecke in Gruppen theoretisch deuten. Man kann nämlich nicht erwarten, dass über einem grösseren Ausstrahlungsbezirke blos ein einziger zusammenhängender Fleck entsteht. Denn die Grösse der einzelnen Flecke hängt natürlich nicht ausschliesslich von der Grösse der die Ausstrahlung vermittelnden klaren Stellen der Atmosphäre — der Ausstrahlungsbezirke — ab, sondern ähnlich wie die Grösse unserer Eisschollen auch von den Cohäsionsverhältnissen der Abkühlungsproducte und der Ruhe der Flüssigkeit, auf der sie schwimmen.

Bis jetzt habe ich keiner Ursache erwähnt, welche bezüglich der Fleckenbildung einen Theil der Sonnenoberfläche mehr begünstigen sollte, als den andern. Flecke müssten hiernach allenthalben auf der Sonnenoberfläche entstehen können, und wenn auch ihr Ort und ihre Grösse im Einzelnen durchaus zufällig erscheinen, so müsste darum nicht minder die durchschnittliche Anzahl und Grösse dieser Flecke stets eine unveränderliche, oder wie der Mathematiker dies ausdrückt, eine *constante* sein. Dies ist nun, wie Sie aus dem Vorhergehenden wissen, nicht der Fall; die Anzahl der Sonnenflecke unterliegt einer periodischen Veränderung und die Ursache dieser Veränderung muss in der Sonne selbst gesucht werden. Das ist es aber eben, was die Zöllner'sche Son-

nentheorie ohne Mühe leistet. Es ergibt sich nämlich, dass nur zwei Ursachen denkbar sind, welche die eben charakterisirte Constante in eine mit der Zeit veränderliche Grösse verwandeln könnten. Die erste Ursache ist eine Aenderung der mittlern Temperatur der Sonne. Denn es ist ohne Weiteres klar, dass, wenn die Sonnenflecke Abkühlungsproducte sind, ihre durchschnittliche Zahl und Grösse ein bestimmter Ausdruck für das Abkühlungsstadium der Sonne sein muss. In dem Masse, als die Sonnentemperatur abnimmt, muss die durchschnittliche Menge der Abkühlungsproducte — der Flecke — nach und nach bis zur völligen Verdunkelung der ganzen Sonnenoberfläche wachsen. Als zweite Ursache könnte man eine gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Flecke bezüglich ihrer Entstehung, Dauer und Grösse annehmen. Da wir aber gesehen haben, dass nur dann die durchschnittliche Zahl und Grösse der Flecke eine constante ist, wenn die einzelnen Flecke relativ zufällige Erscheinungen, also unabhängig von einander sind, so muss andernfalls, also unter der Einwirkung der zweiten Ursache, die durchschnittliche Zahl und Grösse der Flecke mit der Zeit veränderlich sein. Aber welcher Art ist diese Veränderlichkeit? Nimmt der Mittelwerth der Zahl und Grösse der Flecke zu? Nimmt er vielleicht nach und nach ab? Schwankt er zwischen gewissen Grenzen hin und her? Eine andere Möglichkeit der Veränderung, als in diesen Fragen ausgedrückt wird, ist nicht denkbar. Wenn der Mittelwerth für den Fleckenstand der Sonne continuirlich zu- und abnähme, so würde dies lediglich nur eine Folge der Aenderung des Temperaturzustandes der Sonne sein können. Wir wissen, dass diese Temperatur im Laufe der Zeiten abgenommen hat und auch fernerhin abnehmen muss, allein diese Abnahme ist so

langsam, dass sie für die Dauer menschlicher Verhältnisse als verschwindend gering zu betrachten ist. Daher kann also in keinem Falle eine continuirliche Abnahme der Frequenz der Sonnenflecke stattfinden, aber auch eine Zunahme für unsere Beobachtungen nicht merklich sein. Sonach gestattet also die Theorie nur ein Hin- und Herschwanken zwischen gewissen Grenzen der Häufigkeit, wie es die Beobachtungen thatsächlich anzeigen. Aber noch mehr. Die Dauer der einzelnen Schwankungen in der Häufigkeit der Flecke hängt natürlich hauptsächlich von denjenigen Ursachen und Bedingungen ab, vermöge welcher sie überhaupt entstehen. Wenn daher, wie es in der That der Fall ist, diese Umstände längere Zeit hindurch unveränderlich sind, so muss auch die Wiederkehr der dadurch bedingten Veränderungen in der Fleckenhäufigkeit eine periodische sein. Um nun hiernach die Periodicität in der Häufigkeit und Grösse der Sonnenflecke zu erklären, muss man die zweite oben angegebene Ursache als wirkend denken, d. h. man muss eine gegenseitige Abhängigkeit der Flecke bezüglich ihrer Entstehung, Dauer und Grösse annehmen. Dies geschieht aber durch die Annahme einer allgemeineren Ausdehnung der Gleichgewichtsstörungen in der Atmosphäre der Sonne, und diese Annahme wird hierdurch nicht nur umgekehrt wieder wahrscheinlich, sondern findet auch in den directen Beobachtungen ihre Bestätigung, da diese zeigen, dass sich um die Zeit der Flecken-Maxima, d. h. zur Zeit der grössten Häufigkeit der Sonnenflecke, auf der ganzen Oberfläche der Sonne grosse Umwälzungen vollziehen. „Es würde,“ sagt Zöllner, „unter dieser Voraussetzung der Uebergang von einem Maximum zu einem Minimum der Sonnenflecke nichts anderes, als ein grosser, in der ganzen Sonnenatmosphäre gleichzeitig stattfindender Aus-

gleichungsprocess von Druck- und Temperaturdifferenzen sein, die sich nach eingetretener Ruhe und Klarheit der Atmosphäre in Folge der hierdurch begünstigten Ausstrahlung von neuem erzeugen und so die Wiederholung des ganzen Processes bedingen. Die Dauer eines solchen Ausgleichungsprocesses wird bei durchschnittlich constanter Grösse der auszugleichenden Differenzen, im Wesentlichen von drei Umständen abhängen: nämlich von der Leitungsfähigkeit, Beweglichkeit und Masse derjenigen Körper, an welchen sich der Process vollzieht.

Im vorliegenden Falle würde offenbar die Auflösung der Flecke um so schneller von Statten gehen, je grösser die Leitungsfähigkeit der die Flecken bildenden Abkühlungsproducte und je grösser die Beweglichkeit der über diesen Producten lagernden Atmosphäre ist. Der Zustand atmosphärischer Ruhe und Klarheit, der nach vollendeter Auflösung die Bedingung zur Entstehung neuer Flecke ist, wird desto früher wieder eintreten, je kleiner die Masse der bewegten Luftmengen ist. Diese Masse würde aber im betrachteten Falle durch diejenige der gesammten Sonnenatmosphäre repräsentirt werden und daher constant sein müssen, ebenso wie diese Constanz des mittleren Werthes für die beiden anderen Grössen, der Leitungsfähigkeit und Beweglichkeit, bei Berücksichtigung der ganzen Sonnenoberfläche innerhalb langer Zeiträume vorhanden sein wird. Wenn aber die wesentlichen Bedingungen einer Erscheinung constant sind, so müssen auch die wesentlichen der von ihnen bedingten Momente jener Erscheinung constant bleiben, und ein solches Moment ist im vorliegenden Falle die Zeit, welche zwischen einem Maximum und Minimum in der Zahl und Grösse der Sonnenflecke verfliesst. Anderseits ist ersichtlich, dass im Laufe solcher Zeiträume, in denen die Abnahme der mitt-

leren Temperatur der Sonne einen merklichen Einfluss auf die erwähnten Eigenschaften ausübt, auch die Periodendauer solche Aenderungen erleiden muss, welche bei fortdauernder Abkühlung continuirlich das Ende des ganzen Phänomens durch die schliessliche Inkrustirung des ganzen Sonnenkörpers herbeizuführen geeignet sind.“

Wir kennen den Fleckenzustand der Sonne und die Periodendauer der Fleckenhäufigkeit mit einiger Sicherheit seit etwa 250 Jahren. Innerhalb dieses Zeitraumes hat die Periodendauer keine wesentlichen Aenderungen in dem hier geforderten Sinne erfahren. Ein Zeitraum von 250 Jahren ist also verschwindend gering im Vergleiche zu der Zeit, in der die Sonne eine irgend merkliche Abnahme ihrer Temperatur erfährt. Mit einiger Wahrscheinlichkeit kann man sogar noch weiter in die Vergangenheit hinaufgehen und beweisen, dass auch in noch früherer Zeit die Sonnenfleckensperiode ihre gegenwärtige Dauer von nahe $11\frac{1}{6}$ Jahren besessen hat. Die Geschichte meldet nämlich von auffallenden Verdunkelungen der Sonnenscheibe zu verschiedenen Zeiten. Legt man diesen Verdunkelungen als Ursache eine abnorme Fleckenhäufigkeit zum Grunde, und betrachtet sie als zusammenfallend mit der Zeit der Fleckenmaxima, so kann man, indem man mit der bekannten Periodendauer der Flecke zurückrechnet, aus der Uebereinstimmung der berechneten, mit den durch die Geschichte überlieferten Jahren auf die Periodendauer in den früheren Jahrhunderten zurückschliessen.

Als Jahre, in denen die Abnahme des Sonnenlichtes historisch festgestellt ist, kann man mit Sicherheit folgende annehmen: 536, 626, 733, 1091, 1206. Rechnet man nun mit der von Wolf festgestellten mittleren Periodendauer von 11.155 Jahren zurück und geht dabei von dem Jahre

1860 als Epoche des mittlern Fleckenmaximums aus, so kommt man auf die Jahre: 533, 622, 733, 1090 und 1202, die in der That von den historischen Jahren nur wenig abweichen. Wenn man der durch Wolf bestimmten mittlern Periode der Sonnenflecke nur eine kleine Vergrößerung von 8 Tagen beilegt, so würde man eine fast vollkommene Uebereinstimmung erhalten, und diese Vergrößerung ist mehr als 17mal kleiner als die wahrscheinliche Unsicherheit, mit der die mittlere Wolf'sche Fleckenperiode noch behaftet ist. Man kann also behaupten, dass ein Zeitraum von mehr als 13 Jahrhunderten verschwindend gering ist gegen denjenigen Zeitraum, welchen die Temperaturabnahme der Sonne in Anspruch nehmen muss, um sich in der Periodendauer der Sonnenflecke wahrnehmbar zu machen. Das ist eine neue Bestätigung meiner früheren Behauptung, dass die Temperaturabnahme der Sonne ganz ungeheurer Zeiträume bedarf, ehe sie uns irgend merklich wird.

Ich habe bis jetzt nicht das Auftreten der Sonnenflecke in den verschiedenen Breiten auf der Sonnenkugel besprochen, obgleich, wie Sie wissen, auch in dieser Beziehung die Flecke gewisse Eigenthümlichkeiten zeigen, indem sie in bestimmten Parallelkreisen am zahlreichsten, in anderen dagegen nur sehr selten vorhanden sind. Auch in dieser Hinsicht ist die Zöllner'sche Sonnentheorie geeignet, ursächliche Beziehungen nachzuweisen, von denen man hätte glauben sollen, dass sie uns unbekannt geblieben wären.

Sucht man nach den Ursachen, welche eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Punkten der Sonnenscheibe je nach der Breite hervorrufen, so finden wir nur eine einzige, welche in dieser Beziehung als wirksam ge-

dacht werden könnte, nämlich die Rotation des Sonnenkörpers um seine Axe. Auf der nicht rotirenden, kugelförmigen Sonne würde die Schwere an jedem Punkte der Oberfläche gleich sein. Sobald aber die Sonne sich um ihre Axe dreht, wird diese Gleichheit gestört, die Schwere nimmt in der Masse ab, als die Rotationsbewegung schneller ist. Nun findet sich aber die grösste Geschwindigkeit in Folge der Umdrehung am Aequator, und sie nimmt von hier gegen die beiden Umdrehungspole hin nach und nach ab, bis sie für die Pole selbst Null ist. Die grösste Verminderung der Schwere durch die Rotation muss sich also am Aequator finden und sie muss mit zunehmender Breite abnehmen, bis sie Null wird unter jedem der Pole. Wir haben also in der That in der Rotation der Sonne eine Ursache, welche eine Verschiedenheit zwischen den einzelnen Punkten der Sonne je nach der Breite hervorruft. Die Verminderung der Schwere durch die Rotation am Sonnenäquator ist übrigens nur gering, sie verlangsamt die Fallbewegung in der ersten Secunde noch nicht um $1\frac{1}{4}$ Linie; dennoch sind die hierdurch hervorgerufenen Unterschiede der Schwere in den verschiedenen Breiten der Sonne von dem grössten Einflusse auf die allgemeinen Bewegungen und Strömungen der Sonnenatmosphäre.

Um dies deutlicher einzusehen, denke man sich eine gleichmässig heisse Kugel, die von einer flüssigen Umhüllung bedeckt wird. Die untersten Schichten dieser flüssigen Hülle, welche mit der heissen Kugeloberfläche in unmittelbarer Berührung sind, werden sich erwärmen, die obersten hingegen durch Ausstrahlung abkühlen. Durch Erwärmung vermindert sich aber das specifische Gewicht der Flüssigkeit der untersten Schichten und dieselbe wird das Bestreben erhalten, emporzusteigen. Sol-

ches Emporsteigen kann aber an irgend einer Stelle offenbar nur stattfinden, wenn an der andern ein Herabkommen stattfindet. Wenn aber, wie wir voraussetzten, an allen Stellen der Kugel vollkommene Gleichheit der Bedingungen existirt, so ist für keinen Punkt ein Grund vorhanden, weshalb hier eher das Herauf- oder Herabsteigen der Flüssigkeit stattfinden sollte, als an einem andern Punkte. So lange daher kein Unterschied zwischen zwei Punkten erzeugt wird, kann überhaupt keine Gleichgewichtsstörung in der flüssigen Umhüllung eintreten; aber selbst der allerunbedeutendste Unterschied wird schon genügen, um sofort das labile Gleichgewicht aufzuheben, und das Spiel des Herauf- und Herabsteigens der flüssigen Schichten einzuleiten.

Ein solcher Unterschied ist nun in der durch die Rotation verursachten Verschiedenheit der Schwere unter den verschiedenen Breitenkreisen auf der Sonne gegeben und er muss in der That so wirken, wie wir eben gesehen haben. Am Aequator muss ein allseitiges Aufsteigen der glühenden atmosphärischen Theile stattfinden, und mächtige Ströme derselben werden sich in der Höhe gegen Norden sowohl als gegen Süden polwärts ergiessen, während unten beiderseits von den Polen Strömungen gegen den Sonnenäquator hin stattfinden werden. Sie haben hier in jeder Beziehung ein Analogon zu denjenigen Bewegungen in unserer eigenen Atmosphäre, welche unter dem Namen der Passate bekannt sind. Bei uns findet in Folge der stärkern Erwärmung, in der Nähe des Aequators ein mächtiges Aufsteigen von warmer Luft statt. Diese warmen Luftmassen strömen beiderseits gegen die Pole hin und senken sich in dem Masse, als sie ihre Wärme verlieren, immer mehr gegen den Erdboden herab, während aus den Polargegenden kalte und deshalb schwerere Luftmassen

dicht über dem Erdboden nach den Aequatorgegenden fließen, um den Raum auszufüllen, den die dort aufsteigenden warmen Luftmassen frei machen.

Auf der Sonne also finden analoge Strömungen in der glühenden Atmosphäre statt. Diese Bewegungen aber müssen nun ihrerseits zuletzt eine Rückwirkung auf die Vertheilung der Temperatur an der Oberfläche der glühendflüssigen Sonnenkugel selbst hervorrufen. Zöllner bemerkt hierüber: „In den höheren Breiten sinken die zu beiden Seiten des Aequators abfließenden oberen Ströme herab, nachdem sie auf diesem Wege einen Theil ihrer Wärme durch Strahlung verloren haben, welche ihnen auf ihrem unteren Wege zum Aequator durch Berührung mit der heissen Oberfläche durch Leitung mitgetheilt wurde. Die polaren Regionen der rotirenden Kugel werden folglich stets von kühleren Theilen der strömenden Flüssigkeitsmassen bespült als die Aequatorealzone, welche vorwiegend mit den auf ihrem Wege von den Polen bereits erwärmten unteren Strömungen in Berührung kommen. Hierdurch muss die Temperatur der Aequatorealzone erhöht, die der Polarzonen erniedrigt werden und auf diese Weise eine Temperaturvertheilung entstehen, welche für sich allein auch bei einer nicht rotirenden Kugel die angedeuteten Strömungen in demselben Sinne erzeugen müsste.“

Die hier theoretisch als nothwendig gezeigten Temperaturunterschiede zwischen den äquatorealen und polaren Gegenden der Sonne sind in der That vorhanden und so beträchtlich, dass sie sich in den Messungen von der Erde aus deutlich zeigen. Secchi hat in der That gefunden, dass die Polargegenden auf der Sonne weniger warm sind, wie die äquatorealen, ja dass die nördliche und süd-

liche Hemisphäre der Sonne hinsichtlich ihrer Temperatur einen kleinen Unterschied darbieten.

Betrachten wir jetzt den Einfluss, welchen die Strömungen, die, wie wir gesehen, in der Sonnenatmosphäre stattfinden, auf die letztere selbst ausüben. Wir finden hierbei zunächst, dass gewisse Theile der Sonnenatmosphäre eine Temperaturerniedrigung erfahren, und zwar findet diese, wie Zöllner hervorhebt, aus einem doppelten Grunde statt. Durch den aufsteigenden Luftstrom am Aequator werden die emporstrebenden Luftmassen dem Einflusse der ihnen von der glühendflüssigen Sonnenoberfläche zugeleiteten Wärme entzogen, ausserdem dehnen sie sich beim Emporsteigen aus, verrichten also eine mechanische Arbeit und verbrauchen hierzu wiederum Wärme. Beide Ursachen tragen dazu bei, die Temperatur dieser Luftmassen zu erniedrigen, und in Folge dieser Abkühlung muss sich ein Theil ihrer gasförmigen Stoffe in Gestalt von Wolken ausscheiden. Auch durch die Mischung der äquatorealen und polaren Luftströme müssen Temperaturerniedrigungen und damit Condensationserscheinungen stattfinden. Es ist nun keineswegs nothwendig, ja nicht einmal wahrscheinlich, dass diese Condensationsproducte uns fleckenartig dunkel erscheinen, sie entziehen sich gewiss der directen Beobachtung, indem sie wahrscheinlich selbst noch in so beträchtlichem Grade erhitzt sind, dass sie ausserordentlich leuchtend erscheinen. Wenn wir aber auch diese Condensationen nicht wahrzunehmen vermögen, so steht ihre Existenz darum nicht weniger bewiesen da, und wir dürfen mit Sicherheit behaupten, dass in der Aequatorealzone und in den Regionen höherer Breiten auf der Sonnenoberfläche Gebiete vorwiegend atmosphärischer Trübungen sich befinden, wogegen zwischen beiden Gebieten, analog

den irdischen Passatzonen, die Orte relativer Klarheit liegen. Neben Ruhe ist aber Klarheit, wie wir früher gesehen, ein hauptsächlichstes Erforderniss zur Fleckenbildung. Die Sonnenflecke haben daher die Regionen zu ihrer günstigsten Bildung zwischen den äquatorealen und polaren Gegenden des Sonnenballes.

Sie sehen, mit welcher Eleganz und überzeugenden Klarheit Zöllner aus seiner Theorie blos durch die Macht des logischen Schlussfolgerns, nicht allein alle Erscheinungen, welche die Sonnenoberfläche uns darbietet, ableitet, sondern auch auf Thatsachen hinweist, deren Nothwendigkeit in indirecten Beobachtungen Bestätigung findet, so dass, wie bei einem stylgerechten Baue, alles in harmonischer Weise mit einander übereinstimmt. Gewisse alte und einige sogenannte neuere Philosophen haben die thatsächlich vorhandene Welt aus blossen Begriffen heraus construiren wollen und sind dabei in den grössten Absurditäten verkommen. Sie haben an den Entwicklungen Zöllner's aber ein Beispiel, wie weit das logische Denken im Nachweise der Nothwendigkeit gewisser Anordnungen des Weltalls reicht, wenn es nicht von der Basis wilder Speculation, sondern eines gesicherten Wissens ausgeht.

Fassen wir nun noch einmal Alles, was bis jetzt über die Sonnenflecke, ihr Entstehen und Vergehen ermittelt wurde, kurz zusammen, so haben wir nach Zöllner folgendes Resumé:

„Die Sonnenflecke sind schlackenartige durch Wärmeausstrahlung auf der glühend-flüssigen Sonnenoberfläche entstandene Abkühlungsproducte, welche sich in Folge der durch sie selber in der Atmosphäre erzeugten Gleichgewichtsstörungen wieder auflösen. Sind diese Störungen nicht nur locale, sondern allgemeiner verbreitete, so ist

in Zeiten solcher allgemeinen atmosphärischer Bewegung die Bildung neuer Flecke wenig begünstigt, weil alsdann der Oberfläche die wesentlichsten Bedingungen zu einer starken Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung fehlen, nämlich die Ruhe und Klarheit der Atmosphäre. Erst wenn die Letztere nach Auflösung der Flecke allmählig wieder zur Ruhe gekommen ist, beginnt der Process von Neuem und erhält auf diese Weise, bei den durchschnittlich für lange Zeiträume als constant zu betrachtenden mittleren Verhältnissen der Sonnenoberfläche, einen periodischen Charakter. — Die räumliche Vertheilung der Flecke muss nach dieser Theorie durch die Zonen grösster atmosphärischer Klarheit bedingt sein, welche, wie gezeigt, im Allgemeinen mit den Zonen grösster Häufigkeit der Flecke zusammenfallen.“

Die Flecke sind, wie uns die Beobachtungen andeuten, gewaltige schlackenartige Massen. Jeder Fleck erzeugt durch seine Existenz an der Sonnenoberfläche eine Oertlichkeit, woselbst die Temperatur beträchtlich niedriger sein muss, als an den nicht befleckten Stellen. Die Grösse der auf diese Weise stattfindenden Temperaturerniedrigung kennen wir nicht und sie muss auch in einzelnen Fällen selbstredend sehr verschieden sein, jedenfalls ist sie aber sehr beträchtlich, wie ich sogleich beweisen werde. Die hierdurch entstehende Gleichgewichtsstörung in der Sonnenatmosphäre ruft natürlicher Weise Strömungen in der letzteren hervor, die in absteigender und aufsteigender Weise in Wirksamkeit treten müssen. Diese atmosphärische Bewegung begrenzt, wie Zöllner hervorhebt, mit ihrem aufsteigenden Theile die äussere Umgebung der Flecke und erzeugt durch das hiermit verbundene Aufquellen heisserer Theile der Sonnenatmosphäre über dem gewöhnlichen Niveau der conti-

nuirlich wirkenden Gasschichten, die Sonnenfackeln. Die niedersteigenden Strömungen bewegen sich gegen die Fleckenoberfläche hin und erleiden schon in der Höhe in Folge der veränderten Wärmestrahlung von unten eine Abkühlung, als deren Resultat die Ausscheidung eines gewissen Theiles der aufgelösten Dämpfe in Form von Wolkengebilden nothwendig erfolgen muss. Diese Wolkengebilde umgeben in einer gewissen Höhe die Grenzen des schlackenartigen Flecks und erscheinen uns, aus der Ferne gesehen, gerade als das, was man Penumbra oder Halbschatten nennt. In der That zeigen diese Penumbren auch meist bei hinreichender Vergrößerung eine gegen das Centrum der Flecke gerichtete Stratification und da der Fleck in einzelnen Fällen so beträchtlich unter dem obersten Rande des Penumbra liegen wird, dass in Folge der Sonnenrotation beim Näherrücken an den Rand der Sonne eine optische Verschiebung auftreten kann, oder auch wenn man will, da man solche Verschiebungen der Mittelpunkte von Penumbra und Fleck schon früh zu erkennen glaubte, so entstand hierdurch jene Wilson-Herschel-Arago'sche Theorie des Sonnenballes, die direct allen bezüglichen physikalischen Gesetzen Hohn sprach und nach vielen Anstrengungen erst durch Kirchhoff und Spörer definitiv gestürzt wurde. Diese Theorie der Sonne, wie sie noch von Humboldt im 3. Bande des Kosmos auseinandergesetzt wird, gehört heute glücklicherweise nur mehr der Geschichte der Wissenschaft an und ich will mich nicht dabei weiter aufhalten, als eben ihrer historischen Erwähnung wegen nothwendig ist. Dagegen will ich einiger Beobachtungen gedenken, welche die ungemeine Temperaturerniedrigung da, wo Sonnenfleck auftreten, nachweisen. Diese Erniedrigung der Temperatur kündigt sich an durch das Auftreten von Wasser-

dampf in der unmittelbaren Nachbarschaft der Sonnenflecke und ist zuerst von Secchi in Rom durch directe Beobachtungen erwiesen worden. Ich werde diese merkwürdige Entdeckung, welche dem Jahre 1869 angehört, Ihnen mit den eigenen Worten des berühmten römischen Astronomen mittheilen. Derselbe berichtet, nachdem er zuerst seines ausgezeichneten Spectroscops gedacht und eine Beschreibung desselben geliefert hat, Folgendes: „Indem ich mit diesem Instrumente die Umgebung der grossen Flecke und vor allem die Anhänge beobachtete, welche, aus kleinen Flecken und Fackeln bestehend, den grossen Flecken folgen, habe ich fast jedesmal Reihen von nebeligen Linien, 3, 4 oder 6 an der Zahl, gesehen, welche ich mit dem Namen Banden bezeichnen will. Sie ähneln in der Gestalt den tellurischen Linien, welche sich zeigen, wenn die Sonne dem Horizonte nahe ist. Ich habe die Gegenwart dieser Banden an sehr klaren Tagen, bei einer solchen Vergrösserung der Sonnenflecke constatiren können, dass kein Irrthum möglich ist. Während man sie in den Höfen und den Gruppen der kleineren Flecke sieht, verschwinden sie sowohl auf der reinen Sonnenscheibe als im Innern der Kerne der Flecke. Ihre Anwesenheit im Gesichtsfelde kündigt jedesmal richtig die Annäherung eines Sonnenflecks an. In der Voraussetzung, dass vielleicht die Erscheinung durch die Verminderung des Lichts in der Nähe der Flecke hervorgerufen werde, habe ich die Objectivöffnung des Telescops von 25 auf 2 Centimeter verringert, ohne indess etwas Aehnliches zu bemerken. Am 6. Jan. erblickte ich mit Erstaunen diese Banden auf der ganzen Sonnenscheibe, aber als ich den Himmel betrachtete, bemerkte ich, dass er mit Cirrus-Wolken bedeckt war, mit deren Zergehen auch die Banden auf der ganzen Scheibe verschwanden. Diese Beob-

achtung schien zu beweisen, dass der Wasserdampf bei dem Auftreten jener Banden eine Rolle spielt, und ich erhielt auch einen directen Beweis hierfür, als ich die Sonne durch ziemlich dichten Nebel beobachtete. Bei dieser Gelegenheit bemerkte ich indess, dass, obgleich die Banden auf der ganzen Sonnenscheibe wohl sichtbar waren, sie sich nahe den Flecken merklich verstärkten; was hinreichte, um die directe Wirkung der Sonne zu erkennen. Nach diesen Beobachtungen scheint es ausgemacht, dass auf der Sonne Wasserdampf in der Nähe der grossen Flecke existirt; es verbleibt noch die Constanz dieser Erscheinung zu verificiren und ob sie bei allen Flecken nachzuweisen ist, denn ich habe sehr kleine und sehr schwarze Flecke gefunden, welche nichts davon zeigten. Diese Beobachtungen sind sehr schwierig und fein, denn man muss den sehr wichtigen und unregelmässigen Einfluss unserer Atmosphäre beseitigen.“

Wenn man den Vorgang bei Entstehung eines Sonnenflecks genau studirt, so findet sich, dass als erste Wirkung einer begonnenen Temperaturerniedrigung an irgend einer Stelle der Sonnenoberfläche der Beginn von atmosphärischen Strömungen sich zeigen muss, deren absteigender Theil nach der kühleren Stelle hin gerichtet ist. Diesen absteigenden müssen aber in der unmittelbaren Nachbarschaft auch aufsteigende Ströme entsprechen, und wenn man die Sonnenfackeln als Folgen aufsteigender, durch Temperaturdifferenzen erzeugter Luftströme betrachtet, so begreift man leicht, dass die Bildung von Sonnenfackeln sehr häufig dem Entstehen von Sonnenflecken vorausgehen muss, und dass überhaupt Sonnenfackeln durchschnittlich eine längere Dauer besitzen müssen, als die Sonnenflecke, weil sie in der That deren Existenz einleiten und beschliessen. Die Beobachtung er-

gibt, dass diese theoretischen Schlüsse durch die Wirklichkeit ihre volle Bestätigung finden. Auch das stimmt mit der Theorie, dass meist den kranzartigen Fackeln nach kurzer Zeit schon die Erscheinung eines Flecks folgt und dass die Fackeln in den beiden Fleckenzonen überhaupt am häufigsten sind. Fackeln kommen aber in unverminderter Intensität bis beiderseits zu den Sonnenpolen vor, bis wohin sich grössere Flecke nicht verirren. Es muss daher in den höheren Breiten der Sonne eine Ursache wirksam sein, welche die durch die Fackeln eingeleitete Bildung der Flecke zeitig verhindert. Vielleicht sind die hellen, meist aderartigen Verzweigungen in den hohen Breiten der Sonnenkugel keine wahren Sonnenfackeln, sondern nur Punkte der hellern Sonnenoberfläche, welche durch die Zwischenräume zwischen den dort stattfindenden atmosphärischen Trübungen sichtbar werden. Die Beobachtung zeigt auch, dass die Fackeln am deutlichsten in der Nähe der Sonnenränder gesehen werden, der Grund dieser Erscheinung ist ein rein optischer, wie man sogleich begreift, wenn man sich erinnert, dass die Fackeln glühende aufsteigende Massen sind, die sich also hoch in die Sonnenatmosphäre hinein erheben. Denken Sie sich nämlich einen Punkt der glühenden Sonnenoberfläche, der für uns mitten auf der Sonnenscheibe erscheint. Das Licht, welches er aussendet, gelangt zu uns, indem es die Schichten der Sonnenatmosphäre durchdringt. Nehmen Sie nun eine leuchtende Masse in dieser Sonnenatmosphäre an, die also über der Sonnenoberfläche sich befindet, und uns ebenfalls mitten auf der Sonnenscheibe, ganz in der Nachbarschaft des so eben betrachteten Punktes der Sonnenoberfläche selbst erscheint. Wenn diese leuchtende Masse für sich genau so viel Licht ausstrahlt, als die daneben befindlichen Punkte der Son-

nenoberfläche, so muss sie uns doch heller erscheinen als letztere, weil ihre Strahlen einen kürzeren Weg durch die Sonnenatmosphäre zurücklegten, also weniger geschwächt wurden, als dies mit den Strahlen der darunter befindlichen eigentlichen Sonnenoberfläche der Fall ist. Dieser Helligkeitsunterschied hängt also von der Differenz der Wege ab, welche die beiderseitigen Lichtstrahlen auf ihrer Bahn zum Auge des Beobachters in der Sonnenatmosphäre durchliefen. Diese Differenz wird nun um so grösser, je mehr die beiden leuchtenden Punkte durch die Rotation an den Rand der Sonnenscheibe geführt werden; demnach muss auch der Unterschied der Helligkeit ein grösserer werden, oder mit anderen Worten, die Fackeln müssen leuchtender in der Nähe des Sonnenrandes als in der Nachbarschaft des Sonnenmittelpunktes erscheinen.

Gehen wir schliesslich noch einmal auf die periodische Veränderlichkeit in der Anzahl der Sonnenflecke zurück. Es ist klar, dass je grössere Theile der Sonnenoberfläche von dunklen Flecken bedeckt sind, um so mehr die Intensität des Sonnenlichtes abnehmen muss. Verhält es sich mit der Wärme ebenso? Diese Frage lässt sich nur an der Hand genügender Beobachtungen beantworten, indem es immerhin möglich wäre, dass derselbe Process, welcher die Flecke zahlreicher auftreten lässt, die Wärmeausstrahlung der Sonne erhöhte statt verminderte. In jüngster Zeit hat nun zuerst Köppen den Zusammenhang zwischen der Fleckenmenge und der gesammten Wärmestrahlung der Sonne mit Sicherheit nachgewiesen. Hiernach tritt in den Tropen das Maximum der Wärme $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Jahr vor dem Fleckenminimum ein, ausserhalb der Wendekreise verspätet es sich gegen das letztere, in den Vierziger-Jahren bis zu mehr als 3 Jahren. Dabei

nimmt die Regelmässigkeit und Grösse der Schwankung von den Tropen, wo sie auf's schönste ausgebildet ist, nach den Polen hin ab. Selbst die wandelbare Länge und eigenthümliche Form der Sonnenfleckperiode spiegelt sich in den Temperaturschwankungen ab. Die beiden Erscheinungen hängen offenbar zusammen, aber die nähere Art und Weise dieses Zusammenhanges kann gegenwärtig noch nicht bestimmt ausgesprochen werden. „Klar ist nur, dass die Sonnenflecke dabei nicht direct durch Verdunkelung eines Theiles der Sonnenscheibe, bei unverändertem Strahlungsvermögen des Restes derselben wirken. Denn da die Temperatur der Erdoberfläche eine Summationsfunction der Sonnenstrahlung ist, so muss die Veränderung in diesem Resultate nothwendig später eintreten als die Aenderung in der Ursache, d. h. der Strahlungsintensität.“ Wolf in Zürich hat den von Köppen entdeckten Parallelismus zwischen der Temperatur an der Erdoberfläche und dem Gange der Sonnenfleck-Curve einer weitem Untersuchung unterzogen und ähnliche Resultate erhalten. Aus einer Reihe, die nach Beobachtungen in Europa und Neu-England bis 1750 ausgedehnt werden konnte, fand Köppen für die zweite Hälfte des vergangenen Jahrhunderts, merkwürdiger Weise eine völlige Umkehrung des Verhältnisses zwischen Temperatur und Sonnenflecken, wie es die Beobachtungen im gegenwärtigen Jahrhundert ergeben. Auch Wolf, der die Reihe noch bis 1739 zurückführte, kam zu demselben Ergebnisse, bemerkt aber, dass gerade in jener Zeit auch die Sonnenflecke bezüglich der Häufigkeit ihres Auftretens eine Abweichung von dem regelmässigen Gange zeigten.

Falls ein Zusammenhang zwischen der Wärmemenge, welche die Erde empfängt, und der Zahl der Sonnenflecke stattfindet, lässt sich das Gleiche zwischen diesen und der

Regenmenge ebenfalls vermuthen. Lockyer hat einen solchen Parallelismus in der That gefunden, und zwar fällt in den Jahren mit wenig Sonnenflecken wenig Regen, zur Zeit der Maxima hingegen nicht unbeträchtlich mehr. Ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Cirruswolken und derjenigen der Sonnenflecke ist von mir nachgewiesen worden. Meldrum behauptet, dass auch ein Zusammenhang der Anzahl der südindischen Cyklone oder Wirbelstürme mit der Menge der Sonnenflecke stattfindet, und Poey hat das Gleiche für die Antillen wahrscheinlich gemacht. Durch zahlreiche frühere Rechnungen hat Wolf gezeigt, dass sich die eilfjährige Sonnenfleckperiode deutlich in der Grösse der magnetischen Declinations-Variationen abspiegele. Neuerdings hat derselbe nun den Versuch gemacht, aus einigen der im mittlern Europa in den letzten vier Decennien erhaltenen schönen Reihen von Variationsbeobachtungen eine einheitliche Reihe abzuleiten, und diese, so weit es die vereinzelt und zum Theile sehr unvollkommenen Bestimmungen früherer Zeit ermöglichen, auch nach rückwärts zu verlängern. Dieser Versuch ist in sehr befriedigender Weise gelungen, und es wurde dabei neuerdings und noch klarer als bisher bewiesen, „dass auch in älterer Zeit und zumal zur Zeit der scheinbaren Unregelmässigkeit im Gange des Sonnenfleck-Phänomens der Gang in den Variationen demjenigen der Häufigkeit der Sonnenflecke beständig parallel blieb, dass also von diesen beiden Erscheinungen die eine ein vollständiges Spiegelbild der andern ist.“ Den ursächlichen Zusammenhang zwischen den Variationen des tellurischen Magnetismus und den Zuständen der Sonnenoberfläche hat Zöllner zu entwickeln gesucht. Fast um dieselbe Zeit hat Hornstein nachgewiesen, dass sowohl die magnetische Declination als die Inclination und die

horizontale Intensität Aenderungen innerhalb einer Periode von 26,33 Tagen zeigen, und dass diese wohl kaum anders wie als Wirkung der Sonnenrotation anzusehen sind. Aus ihnen ergibt sich als wahre Rotation der Sonne der Werth von 24,55 Tagen, fast vollständig übereinstimmend mit dem von Spörer aus directen Beobachtungen für die äquatoriale Zone gefundenen.

Zu den merkwürdigsten Entdeckungen gehört der von Hornstein nachgewiesene Zusammenhang zwischen der Amplitude der Luftdruck-Schwankungen und der Generalperiode der Sonnenflecke. Indem nämlich Hornstein die aus den stündlichen Barometerbeobachtungen seit 1841 sich ergebenden Werthe des Coëfficienten der täglichen Barometerschwankungen (des atmosphärischen Ebbe- und Fluthgliedes) für Prag und München näher untersuchte, fand er, dass dieser Coëfficient die längere Periode mit den Sonnenflecken (und Polarlichtern) gemeinsam hat und mit diesen gleichzeitig sein Maximum und Minimum erreicht. Eine Untersuchung der jährlichen Schwankungen des Luftdrucks oder der Unterschiede zwischen dem höchsten und tiefsten Stande des Barometers im Jahre, ergab für Prag, Mailand, Wien und München ebenfalls eine sehr befriedigende Uebereinstimmung unter der Voraussetzung, dass die jährliche Schwankung des Luftdrucks die längere Periode mit den Sonnenflecken und Nordlichtern gemein hat und gleichzeitig mit diesen ihr Maximum oder Minimum erreicht. So sehen wir die periodischen Revolutionen der Sonnenoberfläche, wie sie sich in dem Fleckenstande aussprechen, in bedeutendem Masse die Zustände unserer irdischen Atmosphäre beeinflussen und Sie erkennen, dass die Einflüsse, welche man lange und ungerechtfertigter Weise den Mondphasen zuschrieb, in den Zuständen der Sonnenoberfläche zu suchen sind.

VIII.

Neben den Sonnenflecken und Sonnenfackeln zeigt die Oberfläche unseres Centalkörpers noch andere merkwürdige Erscheinungen, die lange Zeit hindurch nur auf kurze Momente bei Gelegenheit der im allgemeinen keineswegs häufigen totalen Sonnenfinsternisse wahrgenommen werden konnten, die aber gegenwärtig, Dank den Fortschritten, welche die Anwendung der Spectralanalyse gemacht hat, zu jeder Zeit beobachtet werden können, wenn überhaupt die Sonnenscheibe sichtbar ist. Ich meine jene merkwürdigen flammenartigen Hervorragungen am Sonnenrande, welche den Namen Protuberanzen führen.

Bei der totalen Sonnenfinsterniss am 12. Mai 1706 hat Stannyan in Bern zum ersten Male Protuberanzen in Gestalt eines blutrothen zackigen Saumes, kurze Zeit ehe der Sonnenrand hinter der dunklen Mondscheibe hervorkam, gesehen; allein obgleich diese Wahrnehmung bei späteren Gelegenheiten auch von verschiedenen anderen Beobachtern bestätigt und erweitert wurde, beachtete man auffallender Weise die Wichtigkeit dieses Phänomens für die Theorie der physischen Constitution der Sonne so wenig, dass Arago bei Ankündigung der Sonnenfinsterniss vom Jahre 1842, auf diese fast vergessenen Wahr-

nehmungen wieder aufmerksam machen musste. Seitdem ist keine totale Sonnenfinsterniss beobachtet worden, während der man nicht Protuberanzen, sei es in Gestalt von Zacken, Flammen oder Wolken, hinter dem dunklen Mondrande hätte auftauchen sehen. Indessen haben diese Wahrnehmungen trotz der eifrigsten Discussionen in keiner Weise dazu beigetragen, den wahren Zustand des Sonnenballes zu ergründen. Befangen von physikalisch durchaus unzulässigen Anschauungen über die Natur der Sonne, hielt man, nach dem Vorgange von Arago, die Protuberanzen für erleuchtete Wolkenmassen, die verhältnissmässig nur langsamen Gestaltveränderungen unterliegen sollten, statt in ihnen dasjenige zu erkennen, was sie wirklich sind: die glühenden Aufwallungen eines chemischen Processes von ungeheurer Mächtigkeit. Erst die Spectralanalyse hat das Eis der alten Anschauungsweise gebrochen und überzeugend nachgewiesen, dass die Protuberanzen nichts anderes als ungeheure Gasmassen sind, in denen der glühende Wasserstoff eine Hauptrolle spielt. Ich will mich hier nicht darauf einlassen, die Principien der so überaus fruchtbaren prismatischen Lichtanalyse auseinander zu setzen; das hohe Interesse, welches die überraschende Anwendbarkeit dieses jüngsten Gliedes in der Reihe der physikalischen Disciplinen allenthalben erregte, hat die Kenntniss der Grundzüge der Spectralanalyse zum Eigenthum fast eines Jeden gemacht, der auf den Namen eines Gebildeten Anspruch erhebt. Ich will daher hier nur in's Gedächtniss zurückrufen, dass die Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 zum ersten Male Gelegenheit gab, die Kraft der neuen Analyse an der Untersuchung der Protuberanzen zu erproben. Das vollständige Gelingen der dahin einschlägigen Beobachtungen, der Nachweis der wahren Natur der Protu-

beranzen und der allgemeinen Richtigkeit der von Kirchhoff vertretenen Anschauungen über den Zustand der Sonne, sind es, welche der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 für alle Zeiten eine ruhmvolle Erwähnung in den Jahrbüchern der Wissenschaft sichern.

Die Anwendung der Spectralanalyse zur Erforschung der Protuberanzen würde indess immerhin eine sehr beeinträchtigte gewesen sein, wenn sie auf die seltenen Phänomene totaler Sonnenfinsternisse beschränkt geblieben wäre. Aber die Entwicklung der Wissenschaft bringt es unausbleiblich mit sich, dass jeder Fortschritt neue und zahlreichere Fortschritte erzeugt, dass jeder neue Weg abermals neue Bahnen eröffnet, auf denen es dem forschenden Menschengenossen gestattet ist, weiter vorzudringen in der Erkenntniss der Naturerscheinungen, welche uns umgeben. Schon vor der totalen Sonnenfinsterniss hatte ein eifriger Freund der Astronomie, Norman Lockyer in London, von gewissen theoretischen Betrachtungen ausgehend über die Wirkung des Spectroscops auf die erhellte Luftmasse in der Umgebung der Sonne einerseits und auf die über den Sonnenrand hervorragenden Protuberanzen anderseits, den Schluss gezogen, dass diese Protuberanzen sich durch die hellen Linien ihrer Spectra nicht bloss im Augenblicke totaler Sonnenfinsternisse, sondern zu jeder Zeit am Sonnenrande verrathen müssten. Leider fehlte es ihm anfangs an einem geeigneten Spectroscope, um seine theoretischen Schlüsse einer Prüfung unterziehen zu können, aber sobald die königliche Gesellschaft zu London ein geeignetes Instrument hatte herstellen lassen, erblickte er am 20. October 1868 das Spectrum einer Protuberanz und zeigte dies noch am nämlichen Tage dem Secretär der königlichen Gesellschaft Dr. Sharpey an. Inzwischen hatten die nach Indien gesandten europäischen

Beobachter die totale Sonnenfinsterniss am 18. August beobachtet, aber es war noch keine Nachricht von den erlangten Resultaten eingetroffen. Am 26. October wurden die ersten Berichte des französischen Beobachters J a n s s e n publicirt, und es ergab sich, dass auch dieser gleich nach der Finsterniss die Idee gefasst hatte, die Protuberanz-Linien am hellen Sonnenrande aufzusuchen, was ihm auch direct gelang. Aber als J a n s s e n am 18. August, bei der Totalität, betroffen von dem starken Glanze der Spectrallinien der Protuberanzen, ausrief: „*Je reverrai ces lignes là!*“ hatte er von dem Principe der Methode, auf dem dieses Wiedersehen der hellen Linien beruht, keine Ahnung. Dieses Princip aber war damals längst und richtig von Lockyer erkannt worden, sein geistiges Auge hatte die Protuberanzen schon erblickt, als das Spectroscop, mit dem am 20. October sein leibliches Auge sie zum ersten Male sah, noch unvollendet in der Werkstätte des Mechanikers sich befand. Dem Engländer gebührt demnach der Ruhm der Entdeckung der Methode zur beliebigen Beobachtung der Protuberanzen, nicht dem Franzosen. Später hat diese Methode, die Protuberanzen mittels des Spectroscopes am Sonnenrande wahrzunehmen, durch Huggins, Lockyer, Secchi und besonders durch Zöllner sehr bedeutende Fortschritte gemacht, so dass man gegenwärtig nicht nur die hellen Spectrallinien sondern direct die ganzen Protuberanzen in ihrer wirklichen Gestalt wahrnehmen kann. Diese Beobachtungen haben unsere Kenntnisse von den physikalischen Zuständen der Sonne bedeutend erweitert und vervollkommt.

Hiernach wird der glühend-flüssige Kern, die eigentliche Sonne, zunächst von einer gasigen Hülle umgeben, welcher man den Namen Chromosphäre beigelegt

hat. Diese gasige Hülle befindet sich also in der Mitte zwischen der eigentlichen Sonnenoberfläche, die ihr weissstrahlendes Licht aussendet, und der äusseren Sonnenatmosphäre; sie scheint für den Anblick von der Erde aus den Rand der Sonne nur in einer gewissen Breite zu umsäumen, nichtsdestoweniger kann sie jedoch, mit hinreichend guten Instrumenten, zu jeder Zeit und an allen Punkten des Sonnenrandes wahrgenommen werden. Die Existenz der Chromosphäre zeigt sich an durch das Auftreten gewisser heller Linien und diese Linien verrathen gleichzeitig die Natur der Stoffe, aus welchen die Chromosphäre zusammengesetzt ist. Hierbei hat sich gefunden, dass die Chromosphäre hauptsächlich aus glühendem Wasserstoffgase besteht, aber gleichzeitig stellte sich das merkwürdige Resultat heraus, dass die Zusammensetzung dieser untersten Sonnumhüllung nicht stets ganz unveränderlich ist, sondern dass bisweilen gewisse glühende Substanzen von der eigentlichen Sonnenoberfläche her in die Chromosphäre eindringen und hier glänzen. So hat man nach und nach gefunden, dass ausser dem Wasserstoff zu Zeiten Magnesium, Eisen, Barium und Natrium im Zustande glühender Gase in der Chromosphäre auftreten, ja Lockyer hat das Vorhandensein von glühenden Eisen- und Magnesiumdämpfen in allen Breiten der Chromosphäre nachgewiesen. Die Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 22. December 1870 hat ausserdem im Spectrum der Chromosphäre eine grüne Linie gezeigt, welche mit keinem bekannten irdischen Stoffe identificirt werden kann und vielleicht einem neuen Elemente angehört. Ob die Chromosphäre unmittelbar auf der Sonnenoberfläche ruht, ist eine Frage, die mit Sicherheit noch nicht entschieden ist. Lockyer bejaht sie, aber Secchi in Rom glaubt, dass zwischen der Sonnenober-

fläche und der Chromosphäre noch eine schmale Schichte sich befinde, die beide von einander scheidet. Er gründet diese Behauptung auf gewisse Beobachtungen, welche er zu Anfang des Jahres 1869 angestellt hat, und aus denen sich ergab, dass zwischen der rosigen Schichte der Chromosphäre und dem Sonnenrande ein kleiner, kaum zwei oder drei Bogensekunden breiter Raum existirt, welcher ein weder durch helle noch dunkle Linien unterbrochenes, sondern vielmehr continuirliches Spectrum gibt. Lockyer und andere Beobachter haben diese Trennungsschichte niemals wahrzunehmen vermocht und bestreiten überhaupt ihre Existenz. Allein Secchi erklärt selbst, dass die Wahrnehmung der Trennungsschichte schwierig sei und nur unter sehr günstigen Umständen gelinge. Es ist sogar ganz unmöglich, sagt er, diese Erscheinung wahrzunehmen, wenn man nicht zwei wesentliche Vorsichtsmassregeln ergreift: nämlich erstens das Sonnenbild vergrössert, damit die scheinbare Breite der schmalen Trennungsschichte zunimmt und breiter wird als der Spalt des Spectroscops und zweitens die Länge des Spalts verkleinert, damit das Spectrum nicht zu breit wird. Auf diese Weise erhält man einen fast geradlinigen Theil des Sonnenrandes, während ohne diese Einrichtungen die Strahlen verschiedener Punkte des krummen Bogens sich im Spectrum mischen und die Erscheinung vollkommen verwischen müssen. Wenn wirklich eine solche Schichte existirt, so muss sie sich auch bei totalen Sonnenfinsternissen zeigen, und in der That macht Secchi darauf aufmerksam, dass er bei der totalen Sonnenfinsterniss die 1860 in Spanien beobachtet wurde, zuerst den Sonnenrand ganz scharf verschwinden sah, darauf eine sehr lebhafte Lichtschichte wahrnahm und zuletzt erst die rosige Schichte der Protuberanzen, also das, was wir heute Chromo-

sphäre nennen. Etwas ganz Aehnliches hat aber neun Jahre vor Secchi, Julius Schmidt bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsterniss vom 8. Juli 1851 beobachtet. „Etwa vier Secunden vor dem Ende der totalen Verfinsterung,“ sagt dieser Astronom, „sah ich plötzlich lebhaftes rothes Licht in Gestalt zweier sehr zarter Linien sich auf dem Rande des Mondes fortbewegen und zwar von den Wurzeln zweier Protuberanzen aus gegen die Mitte des sie trennenden Raumes. Es war, als flösse rothglühendes Metall über den schwarzen Mondrand hin, und doch war diese scheinbar fließende Bewegung nur eine Folge von dem Fortrücken des Mondes. Anderthalb Secunden vor dem Ende der Totalität vereinigten sich beide Linien in der Mitte zu einem vollständigen, höchst zarten Bogen von stark rosenrothem Lichte. In seiner ganzen Erstreckung schien er aus einer sehr grossen Menge der kleinsten Protuberanzen zu bestehen, von denen einige den Bogen etwas überragten. Nun glaubte ich im Momente der Bildung dieses Bogens das Sonnenlicht erwarten zu müssen — in demselben Augenblick trennt sich die rothe Curve vom dunkeln Mondrande und zwischen beiden tritt eine silberweisse und höchst intensive Lichtlinie hervor, concentrisch mit der rothen, scharf von dieser, noch mehr aber vom Monde geschieden. Eine Secunde lang mochte ich sie gesehen haben, zweifelnd wegen der doch zu geringen Helligkeit, ob das Ende der Totalität eingetreten sei, als plötzlich, sichelförmig, in gewaltigem Glanze, das wahre Licht der Sonne wie ein Blitzstrahl hervorschoss und in demselben Augenblicke die ganze Reihe der wunderbaren Erscheinungen zum Verschwinden brachte.“ Diese Wahrnehmung und Beschreibung ist so bestimmt und klar, wie man bei einem so scharfen Beobachter als der Astronom Jul. Schmidt

ist, erwarten konnte; sie würde auch die Frage nach der Trennungsschichte zwischen der Sonne und der Chromosphäre unbedingt im Sinne Secchi's entscheiden, wenn nicht ein Umstand vorhanden wäre, der doch noch ein Fragezeichen in die Sache hineinbrächte. Es ist dies die Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre. In Folge dieser Strahlenbrechung muss rings um den Rand der Sonnenscheibe noch ein schmaler Saum sichtbar werden, welcher der abgewandten Sonnenseite angehört. Bei directem Anblicke der Sonnenscheibe können wir denselben im allgemeinen nicht wahrnehmen, aber verschiedene Thatsachen sprechen dafür, dass wir ihn bei totalen Sonnenfinsternissen, wenn die leuchtende Vorderseite der Sonne verdeckt ist, gelegentlich sehen können. Ist dies bei den Beobachtungen von Schmidt und Secchi 1851 und 1860 der Fall gewesen, so sind diese Beobachtungen natürlich für die Existenz der „Trennungsschichte“ werthlos, andernfalls aber würde die Existenz des letztern dadurch bewiesen. Gegenwärtig hat man noch keinen sichern Anhaltspunkt, welche von diesen beiden Möglichkeiten sich realisirt findet.

Die Chromosphäre als gasförmige Umhüllung der Sonne, muss in ihren tieferen, der Sonnenoberfläche nächsten, Schichten am dichtesten sein, genau wie dies auch bei unserer Atmosphäre der Fall ist. Diese aus physikalischen Gründen nothwendige Thatsache wird durch die spectral-analytischen Beobachtungen durchaus bestätigt. Wenn man nämlich das Spectrum des Wasserstoffs unter verschiedenem Drucke und bei verschiedenen Temperaturen beobachtet, so bemerkt man, dass die charakteristischen Streifen desselben breiter werden und Professor Lippich hat auf theoretischem Wege gefunden, dass diese Erbreiterung für alle Gase ohne Ausnahme in einer

ganz bestimmten Beziehung steht zu dem Drucke unter welchem sie sich befinden und zu der Temperatur, die sie besitzen. Mit Bezug auf die glühende gasförmige Sonnenhülle, die Chromosphäre, ergibt sich hieraus, dass in den untersten Theilen die hellen Spectrallinien die grösste Breite zeigen, dass sie dagegen in den höheren Regionen schmaler sein müssen. Lockyer hat dies in der That beobachtet und aus seinen sorgfältigen Untersuchungen geht hervor, dass die grüne Wasserstofflinie in der Chromosphäre die Form einer Pfeilspitze annimmt, unten ist sie am breitesten und nimmt nach oben zu allmähig an Breite ab, bis sie fast in eine Spitze endigt. Dieses Verhalten der Spectrallinien wird mit der Zeit, wenn die Untersuchungen über diesen Gegenstand erst eine grössere Ausdehnung gewonnen haben, werthvolle Aufschlüsse über die Temperatur und den Druck in der Chromosphäre gestatten; bis jetzt haben die Versuche, welche in dieser Beziehung gemacht worden sind, noch nicht zu positiven Zahlenwerthen über beide Factoren geführt. Jedenfalls erkennt man aber hier wieder den ausserordentlichen Fortschritt, welchen die Wissenschaft in den letzten Jahren vollführt hat, denn wem wäre es nicht vor drei Jahrzehnten als Thorheit erschienen, den Druck und die Temperatur in den unmittelbar über der Sonnenoberfläche ruhenden Schichten dieses Gestirns durch Beobachtungen bestimmen zu wollen?

Die Protuberanzen wurzeln in der Chromosphäre, aber sie erheben sich über diese nicht selten bis zu Höhen, welche in der That erstaunlich genannt werden müssen. Sie erinnern sich, dass der Aequatorial-Durchmesser der Erde in der Entfernung der Sonne nur einen Winkel von 17.8 Bogensekunden umspannt; wenn man also bedenkt, dass 1718 geographische Meilen bei senk-

rechter Ansicht in der Sonnenentfernung noch nicht 18 Bogensecunden gross erscheinen, so muss man gestehen, dass Protuberanzen von 2 oder gar 3 Bogenminuten scheinbarer Höhe ganz respectable Gebilde sind, welche die ganze Erde um ein Vielfaches an Volumen übertreffen. Wenn man unsern Weltkörper auf eine dieser glühenden Gassäulen schleudern könnte, so würde er darin verschwinden, wie ein kleines Stückchen Kohle, das man in ein Schmiedefeuer wirft. Dieser ganze ungeheure Erdball mit seinen Continenten, Inseln, Seen und Oceanen — wie unbedeutend klein erscheint er, neben einem einzelnen von den zahlreichen glühenden Strömen, die ununterbrochen über die Sonnenoberfläche emporgeworfen werden!

Die Protuberanzen können rücksichtlich ihrer Formen nach dem Vorgange von Spörer in zwei Hauptclassen unterschieden werden, in wolkenförmige und säulenartige oder flammige. Die ersteren erinnern lebhaft an unsere irdischen Wolken, sie schweben frei über der Chromosphäre und verändern, so weit sich dies beurtheilen lässt, ihre allgemeine Gestalt für den Anblick von der Erde aus weniger schnell als die zweite Form der Protuberanzen. Diese säulen- oder flammenartigen Gebilde zeigen die merkwürdigsten Gestalten; bald gleichen sie aufzüngelnden Flammen, bald überhängenden Bergen oder spitzzulaufenden Pyramiden, bald steigen sie, rauchartig durcheinandergewirbelt, senkrecht vom Sonnenrande auf, neigen sich aber in ihrem obern Theile plötzlich und fast rechtwinkelig, ähnlich wie eine senkrecht aufsteigende Rauchwolke, die bis in einen obern Luftstrom hineinragt und von diesem seitwärts fortgeführt wird. Die Gestalten unserer Wolken werden durch das Zusammenwirken verschieden gerichteter Luftströmungen der Atmosphäre bedingt, nicht durch ihre Zusammensetzung

aus Wasserbläschen. Auf der Sonne finden analoge Strömungen statt wie in unserer Atmosphäre, und man durfte daher mit einigem Rechte von vorneherein erwarten, dass, wenn dort condensirte glühende Gas- und Dampfmassen für uns sichtbar würden, deren äussere Formen eine grosse Aehnlichkeit mit den Formen unserer Wolken darbieten würden.

Bei den wolkigen, gewöhnlichen Protuberanzen werden, nach den Ausführungen von Spörer, „durch die Gewalt der Wasserstoff-Eruptionen wohl auch andere Massen emporgeschleudert, aber durch die Ausbreitung des Wasserstoffs wird die Temperatur vermindert, jene Massen werden als die minder leuchtenden unsichtbar und anfänglich auch in dem Grade zerstreut, dass dabei keine Flecken entstehen können. In den flammigen Protuberanzen findet keine derartige Ausbreitung des Wasserstoffs statt, bei der höhern Temperatur bleiben die gehobenen Massen nahe der Oberfläche leuchtend; darüber bilden sich dunkle Wolken (abgekühlte Massen, Verbrennungsproducte, Asche u. drgl.) und die allseitig auf die heisseren Flächen einströmenden Stürme treiben die dunkeln Stoffe zusammen, diese senken sich als dunkle Wolken zur Oberfläche herab und ersticken dort die niedrigen Protuberanzen. Der so entstandene Fleck ist der Mittelpunkt convergirender Stürme. Die sogenannten Lichtadern der Sonnenfleckkerne sind Spalten des Kerns, zwischen welchen nicht nur die untere Fackelfläche sichtbar wird, sondern durch welche auch flammige Protuberanzen zum Durchbruche gelangen“. In einer spätern Abhandlung hat sich Spörer eingehender über die Erscheinungen, welche die Bildung der Flecke einleiten, ausgesprochen. Der hervortretende Glanz der Fackelflächen macht es ihm unzweifelhaft, dass die Fackeln als die heisseren Stellen

der Sonnenoberfläche zu betrachten sind. Hieraus folgt nothwendig, dass über ihnen aufsteigende Luftströmungen eintreten müssen und dass in Folge dessen von allen Seiten die Luft nach diesen heisseren Stellen hinströmen muss. Die aufsteigende Strömung wird nun in einer gewissen Höhe Abkühlungsproducte erzeugen, während die seitlichen Zuströmungen nach Spörer's Ansicht eine grössere Verdichtung derselben bewirken und sie uns dadurch als Wolke sichtbar machen. Ist aber das Letztere wirklich der Fall, so kann es offenbar bei der Verdichtung nicht bleiben, sondern die nur als Fleck erscheinende Wolke muss nothwendig eine rotatorische Drehung zeigen, welche auf der nördlichen Sonnenhälfte im Sinne NWSO, auf der südlichen im Sinne NOSW erfolgt. Die Ursache davon ist die Rotation der Sonne, welche auf die centripetalen Luftströmungen ablenkend wirkt. Diese Folgerung, welche man aus Spörer's Annahme ziehen muss, ist unbestreitbar, und in der That zeigen einzelne Flecke eine Bewegung in dem entsprechenden Sinne, obgleich Spörer selbst sich entschieden dagegen verwahrt, rotirende Bewegungen von Flecken anzunehmen, man dürfe vielmehr nur an gewaltsames Fortwälzen derselben unter unaufhörlichen Veränderungen, namentlich unter Neubildungen an dem einen und Auflösungen an dem andern Ende denken. Diese Veränderungen in den einzelnen Theilen einer neugebildeten Gruppe sind nach Spörer theilweise auch durch die verschiedene Höhe der Wolkenpartien und das allmälige Herabsinken derselben zu erklären. Nach Bildung der Flecke werden abwärts gerichtete Strömungen eintreten. „Die Temperaturverminderung oberhalb einer Wolke, welche nach den Spectralbeobachtungen sehr beträchtlich sein muss, veranlasst ein Niedersinken höherer Luftschich-

ten, und kann dadurch wechselseitig Vergrößerung der Wolkenbildung und Verstärkung der abwärts gerichteten Strömungen bewirkt werden. (Ohne andern Einfluss würde somit der Fleck unbegrenzt wachsen können.) Die absteigenden Strömungen müssen an den Wolken einen seitlichen Ausweg suchen und bei vollständiger Regelmässigkeit nach allen Seiten divergiren, dadurch aber benachbarten Protuberanzen eine vom Fleck abgewandte Richtung ertheilen.“ Indem solche divergirende Richtungen nicht ursprünglich, sondern später bei den Flecken und Gruppen wirklich beobachtet werden, sieht Spörer darin einen Beweis für die Existenz der abwärts gerichteten Strömungen, nachdem anderweitig die Fleckenbildung eingeleitet worden. Das ist in Kürze die Sonnenfleck-Theorie Spörer's. Eine principielle Verschiedenheit zwischen ihr und der Zöllner'schen Theorie kann ich eigentlich nicht finden, wenn man sie nicht vielleicht darin erblicken will, dass nach Zöllner die Sonnenfleck-Schlacken auf der eigentlichen Oberfläche, nach Spörer aber die mit Verbrennungsproducten erfüllten Sonnenfleck-Wolken in gewissen atmosphärischen Regionen der Sonne schwimmen. Ob aber die Sonnenoberfläche in so scharfer Weise von der Atmosphäre sich trennt, wie auf unserm Planeten die Meeresfläche von dem Luft-oceane, ist mehr als fraglich.

Der berühmte Beobachter Secchi in Rom, der sich besonders mit der Sonne beschäftigt, hat ebenfalls eine Theorie der Sonnenflecke aufgestellt, mit welcher ich Sie noch bekannt machen muss. Nach der Meinung von Secchi sind die Sonnenflecke wirkliche Vertiefungen, reelle Löcher in der leuchtenden Oberfläche. Den Ursprung dieser Vertiefungen suchte der römische Astronom lange Zeit hindurch in gewaltigen Krisen im Innern der

Sonne, in Folge deren die leuchtende Photosphäre durchbrochen werde. Ueber die Ursachen dieser gewaltigen Störungen weiss allerdings Secchi nichts Bestimmtes, doch vermuthet er, dass sie durch einen im Sonneninnern statthabenden intermediären Zustand der heissen Massen, welche dort weder flüssig noch gasförmig seien, herbeigeführt werden. In jene Höhlen stürzen die photosphärischen Massen hinein, vergasen in der grössern Gluth, büssen dadurch einen Theil ihrer Leuchtkraft ein und erscheinen uns solcher Art als dunkle Flecke. Diese Theorie unterliegt den gewichtigsten physikalischen und astronomischen Bedenken. Denn nicht allein, dass ihr zu Folge alle Flecke ohne Ausnahme eine Tiefenparallaxe zeigen müssen, was nach Spörer's Untersuchungen absolut nicht der Fall ist, begreift man auch gar nicht, wie sich grosse Flecke längere Zeit hindurch erhalten können. Secchi hat nun in neuester Zeit seine Hypothese selbst wesentlich modificirt. Von der Thatsache ausgehend, dass den Flecken lebhaftere Protuberanzen voraufgehen, glaubt Secchi, dass es die Eruptions-Massen dieser Letzteren seien, welche, als die kältere und schwerere Materie, bei ihrem Niederfallen in die leuchtende Gasmasse einsinken und eine Vertiefung oder wirkliche Höhle erzeugen, in welcher die Absorption stärker ist. „Die Flecke entstehen durch Massen metallischer Dämpfe, welche von Innen nach Aussen hervorbrechen. Diese Massen schwimmen in der Photosphäre selbst wie Inseln, die ganz oder theilweise bis zum Niveau der Photosphäre eingesenkt sind, sie erzeugen den Effect von Vertiefungen in dieser leuchtenden Schicht. Uebrigens ist auch die Vorstellung von Wolken, welche in einem höhern Niveau schweben, nicht abzuweisen, besonders im Augenblick der Eruption, welche bisweilen die Massen zu enormen Höhen hebt. Diese

Massen sind natürlich etwas abgekühlt und werden dadurch stärker absorbirt. Nach und nach dringt aber die umgebende photosphärische Masse in sie hinein, mischt sich strömend damit, löst sie auf und bringt sie zum Verschwinden. Der Fleck befindet sich nun in der Periode seiner Auflösung. Wenn er in dieser Zeit an den Sonnenrand gelangt, so kann er weder lebhaft Strahlen noch leuchtende Massen zeigen, sondern höchstens kleine Flammen, die sich an seinen Umrissen bilden, dort, wo sich die Photosphäre mit der kältern und dichtern Masse vermischt. Die Beobachtungen zeigen dies auch sehr schön, indem die kernigen Flecke, wenn sie an den Sonnenrand gelangen, fast niemals Strahlen zeigen. Jede metallische Eruption erzeugt einen Fleck, aber man kann nicht sagen, dass jeder Fleck von einer Eruption überragt wird. Diese hört nach einer gewissen Zeit auf und lässt nur die dunkeln Gase zurück.“ Es ist klar, dass durch diese Modification die Secchi'sche Sonnenfleck-Theorie sich wesentlich verändert hat. Uebrigens ist sie lange nicht so bis in's Einzelne durchgearbeitet, bis in alle Consequenzen geprüft und ausgebaut, wie dies mit den bezüglichen Theorien der beiden deutschen Forscher der Fall ist. Dass sie unter solchen Umständen bei uns keinen Boden gewinnen kann, ist verständlich; aber auch selbst in Frankreich ist man nicht besonders davon eingenommen, wenigstens hat Faye in Paris es für nöthig gefunden, wiederum eine andere Hypothese aufzustellen. Schon früher hatte dieser Gelehrte eine merkwürdige, weil zum Theile auf einem Missverständnisse beruhende Hypothese über die Sonnenflecke aufgestellt und glaubte sie, den von Deutschland ausgehenden Bedenken gegenüber, durch Einführung thermodynamischer und sonstiger Principien unerschütterlich befestigt. Schliesslich sah er jedoch ihre

Unhaltbarkeit selbst ein, verwarf sie und erklärte nunmehr die Sonnenflecke durch Wirbel in der Sonnenatmosphäre, welche von oben nach unten herabsteigen. Die Ursache dieser Wirbel liegt in den Geschwindigkeitsunterschieden der einzelnen Breitenzonen der Sonnenatmosphäre. „Die Flecke,“ sagt der französische Astronom, „sind weder erkaltete und dunkle Wolken, noch Schlacken, noch gasige Eruptionen aus dem Innern, noch Durchbohrungen der Photosphäre durch äussere, senkrecht niedersteigende Ströme; vielmehr sind es sehr einfache Wirbel, ähnlich denen unserer Flüsse, oder besser, denen unserer Atmosphäre und sie entstehen in der Photosphäre selbst in Folge der eigenthümlichen Art, in welcher Letztere rotirt.“

In der Pariser Akademie haben Secchi und Tacchini die Widersprüche gezeigt, in welche diese neue Hypothese Faye's mit den unstreitbaren Thatsachen der Beobachtung tritt. Eine wenig abweichende Hypothese hat Reye aufgestellt, wornach die Sonnenflecke und gewisse Protuberanzen durch heisse, aufsteigende Gasströme entstehen. Ein solches Aufsteigen ist unzweifelhaft, während ein Herabwirbeln im Sinne Faye's den grössten Bedenken unterliegt; ob aber Reye's Hypothese die Thatsachen sämmtlich genügend darzustellen vermag, möchte ich, mit Rücksicht auf den von Spörer im Einzelnen geschilderten Bau vieler Flecke, nicht ohne Weiteres bejahen. Doch ist nicht zu übersehen, dass auch die Zöllner'sche Theorie manche Beobachtungen an Flecken und Gruppen nur sehr schwierig zu deuten vermag; beispielsweise würde die merkwürdige, von Lohse am 26. Septbr. 1873 beobachtete Entwicklung eines Sonnenflecks sich durch keine der bisherigen Theorien so gut darstellen lassen, wie durch diejenige Spörer's.

Nachdem ich Ihnen nun kurz die verschiedenen Hypothesen über die Natur der Sonnenflecke vorgeführt, wollen wir uns wieder den Protuberanzen zuwenden. Die zweite Hauptclasse derselben, die flammigen, zeigen schon durch ihre ganze Gestalt, dass ihr Ursprung ein eruptiver ist; ihr ganzes Auftreten harmonirt mit der Ansicht, dass sie ungeheure Eruptionen von glühenden Wasserstoffmassen sind, die aus dem Innern der Sonne hervorgepresst, die Chromosphäre durchdringen und 10000 ja 20000 Meilen hoch — bis zur halben Entfernung des Mondes von der Erde — in die Sonnenatmosphäre hinaufgeschleudert werden. Schon vor der Sonnenfinsterniss von 1868, zu einer Zeit, wo man noch allgemein die Protuberanzen für verhältnissmässig nur langsam ihrer Gestalt nach veränderliche Gebilde hielt, habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie es aus der Zusammenstellung der einzelnen, bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse angestellten Beobachtungen sehr wahrscheinlich werde, dass die Protuberanzen ihre Formen rasch wechseln. Die Beobachtungen mittels des Spectroscops haben in der That ergeben, dass die Protuberanzen ihre ungeheuren Dimensionen und Gestalten mit einer Geschwindigkeit verändern, dass sie mit einer Gewalt emporgetrieben werden, von der sich die lebhafteste Phantasie kaum eine schwache Vorstellung machen kann. Man muss selbst vor dem Spectral-Fernrohre stehen und diese glühenden Gasmassen betrachten, ihr Aufschliessen und ihre Gestaltsveränderungen verfolgen und sich gleichzeitig dabei recht lebhaft in's Bewusstsein zurückrufen, dass unser ganzer Erdball, wenn wir ihn an dem Orte der Protuberanzen sehen könnten, nur als ein kleiner schwarzer Punkt erscheinen würde, der in der Gestalt der Protuberanz-Garben verschwände, ohne deren Form oder Bewegung

merklich zu alteriren, wenn man von der Grossartigkeit jener Vorgänge einen richtigen Begriff gewinnen will. Das Spectroscop hat gezeigt, dass in der Sonnenatmosphäre ungeheure Wirbelstürme der glühenden Massen stattfinden und der directe Anblick der Protuberanzen bestätigt dies. Das Spectroscop vermag aber auch die Geschwindigkeit dieser Bewegungen zu messen und zwar unter Umständen, wo diese Bewegungen dem Auge gar nicht sichtbar sind, weil sie in gerader Richtung nach dem Beobachter hin vor sich gehen. Dieses findet z. B. statt auf der Mitte des uns zugewandten Theiles der Sonnenscheibe. Denn auf diesen Punkt schaut der Beobachter gewissermassen von oben herab, und eine genau auf ihn zu gerichtete Bewegung zeigt ihm keine seitliche Verschiebung gegen die Umgebung, d. h. sie kann überhaupt durch directes Sehen nicht entdeckt werden. In dem Maasse, als der betrachtete Punkt der Sonnenscheibe sich mehr und mehr dem Rande nähert, sieht der Beobachter jede senkrecht aufsteigende Bewegung an der Oberfläche der Sonne aus immer schrägerer Richtung, bis er endlich, sobald der Punkt, von dem die Bewegung ausgeht, im Sonnenrande selbst liegt, den vollen, perspectivisch unverkürzten Anblick der aufsteigenden Bewegung geniessen kann. Nachdem diese Verhältnisse dargelegt sind, muss ich weiter bemerken, dass die charakteristischen Spectrallinien bei Entfernung der Lichtquelle welcher sie angehören, eine kleine Verschiebung nach dem rothen Ende des Spectrums erleiden, im Vergleiche zu der Lage welche sie haben, wenn die Lichtquelle ihren Ort nicht verändert, dass sie dagegen bei Annäherung derselben an den Beobachter um einen gewissen geringen Betrag gegen das violette Ende des Spectrums verschoben werden. Die Grösse dieser Verschiebung hängt von der Geschwindigkeit ab, mit welcher sich die Lichtquelle be-

wegt. Richtet man nun das Spectroscop auf eine Protuberanz am Rande der Sonne, deren Bewegung also im Allgemeinen eine von der Sonnenoberfläche senkrecht aufsteigende ist, so wird man keinerlei Verschiebung in der Lage der hellen Spectrallinien wahrnehmen können, eben weil die in der Protuberanz stattfindenden Bewegungen im Allgemeinen weder vom Beobachter ab-, noch gegen ihn hingerichtet, sondern nur senkrecht aufsteigende sind. In diesem Falle also zeigt die directe Beobachtung die Bewegung an, das Spectroscop dagegen ist hierzu nicht geeignet. Das Umgekehrte muss für die Protuberanzen welche mitten auf der Sonnenscheibe sich befinden, der Fall sein; hier ist die Bewegung im Allgemeinen nur gegen den Beobachter hin gerichtet, daher durchaus geeignet, bei hinlänglicher Geschwindigkeit, sich durch die Verschiebung der Spectrallinien bemerklich zu machen. Allein, wie soll man überhaupt Protuberanzen mitten auf der Sonnenscheibe wahrnehmen? Durch directe Beobachtung ist dies auf keinen Fall zu erwarten, denn diese gelingt ja nicht einmal für Protuberanzen, die über den Sonnenrand sich erheben. Hier tritt nun wiederum die Spectralanalyse hilfreich ein. Die hellen Wasserstofflinien (C und F, wie sie bezeichnet werden), welche in den Protuberanzen und der Chromosphäre leuchtend auftreten, können, wie Lockyer und Secchi bei genauerer Untersuchung gefunden haben, auch mitten auf der Sonne genau so erkannt werden, wie sie in den Protuberanzen erscheinen. Das findet auch in der Nähe der Flecke statt, ja eine dieser Linien (die Linie F) erscheint nicht selten als helle und als dunkle Linie und zwar in der Weise neben einander, dass die helle Linie gegen das violette Ende des Spectrums, die dunkle dagegen gegen das rothe Ende um einen kleinen Betrag verschoben ist. Diese Verschiebungen beweisen, dass eine heisse und leuchtende

Materie an den betreffenden Stellen mit sehr grosser Geschwindigkeit emporsteigt, während eine kühlere Masse, welche auf die Lichtstrahlen absorbirend wirkt — indem sie die helle Spectrallinie in eine dunkle verwandelt, — sich mit einer ähnlichen grossen Geschwindigkeit auf die Sonnenoberfläche herabstürzt. Lockyer hat aus seinen Beobachtungen gefunden, dass die grösste Geschwindigkeit dieser Bewegungen in senkrechter Richtung bis zu 40 englischen Meilen in der Secunde, in horizontaler sogar bis zu 120 englischen Meilen pro Secunde beträgt. Die Protuberanzen, welche durch solche ungeheuer rasche und grosse Ausströmungen glühender Gasmassen entstehen, zeigen dadurch einen entschieden eruptiven Charakter an; sie bezeichnen glühende Gaseruptionen von der Oberfläche der Sonnenscheibe aus und diese Eruptionen müssen als nothwendige Folgen von Druckdifferenzen entstehen. Dies wird durch directe Beobachtungen bewiesen, denn es hat sich ergeben, dass die helle Linie (F), welche hauptsächlich die Anwesenheit und Bewegung der Protuberanzen auf der Sonnenscheibe verräth, an Breite zunimmt innerhalb der von der Sonnenscheibe herrührenden nämlich aber dunklen (Absorptions-) Linie. Eine Verbreiterung der Spectrallinien deutet aber, wie wir schon oben gesehen haben, auf einen höhern Druck, unter welchem das glühende Gas sich befindet. Die Protuberanzen werden also gewissermassen aus dem Sonnenkörper herausgepresst in Folge des enormen Druckes, unter welchem sie sich dort befinden. Um aber hierdurch das Emporschiessen der glühenden Gasmassen erklären zu können, ist die fernere Annahme nothwendig, dass zwischen der Sonnenoberfläche und der Chromosphäre sich eine Trennungsschicht befindet, welche die Regionen von sehr ungleicher Temperatur und sehr ungleichem Drucke von einander scheidet.

Was die physikalische Beschaffenheit dieser Trennungsschicht anbelangt, so kann dieselbe in keinem Falle als gasförmig gedacht werden; aber eben so wenig kann sie in Gestalt einer festen Kruste die Sonne umhüllen, denn das widerstreitet den Ergebnissen der spectroscopisch-astronomischen Untersuchung, welche eine enorm hohe Temperatur der Sonne festgestellt haben. Es bleibt sonach nichts anderes übrig, als die nothwendig vorhandene Trennungsschicht für eine glühende Flüssigkeit zu erklären. Auf einer flüssigen Oberfläche entstehen aber, wie wir gesehen haben, auch die Sonnenflecke, welche ja nichts anderes als ungeheure Schlackenfelder sind, die auf dieser glühenden Flüssigkeit schwimmen. Es ist daher, wie Zöllner hervorhebt, am einfachsten und naheliegendsten, die Oberfläche der Trennungsschicht und diejenige der flüssigen Schicht, in welcher die Flecken schwimmen, für identisch anzunehmen. Hiernach würde dieser Schicht eine Dicke von 8 Bogensekunden oder 750 bis 800 geographischen Meilen zukommen.

Die durch diese Trennungsschicht hindurchbrechenden glühenden Massen bestehen fast ausschliesslich aus Wasserstoffgas. Man kann nun, da die Natur dieser Gasmassen bekannt ist, da man ferner die Schwerkraft an der Sonnenoberfläche und die Höhe, bis zu welcher die Protuberanzen emporsteigen, kennt, die mechanische Arbeit berechnen, welche nothwendig ist, um diesen Effect zu bewirken. Diese mechanische Arbeit aber lässt sich ebenso leicht in ihr Wärmeäquivalent umsetzen und unter Zuziehung der specifischen Wärme des Wasserstoffs hieraus endlich die Temperatur desjenigen Theiles der Sonne berechnen, woselbst die beobachteten Erscheinungen stattfinden. Auf diese Weise hat Zöllner gefunden, dass in demjenigen Raume, aus welchem eine Protuberanz von

90 Bogensekunden scheinbarer oder 9000 Meilen wahrer Höhe hervorbricht, eine absolute Temperatur von etwa 40000 Graden des hunderttheiligen Thermometers herrschen muss. Für Protuberanzen, welche die doppelte Höhe der vorgenannten erreichen — und solche sind gar nicht selten — steigert sich die bezeichnete Temperatur fast auf das Doppelte. Was den Druck des Gases anbelangt, so findet Zöllner denselben in der Ebene der Ausströmungsöffnung zu beinahe 200000, im innern Raume dagegen zu 4,000000 Atmosphären. Zöllner ist bei diesen Berechnungen von der Ansicht ausgegangen, dass die glühenden Wasserstoffmassen sich in der Nähe der Sonnenoberfläche in blasenartigen Hohlräumen ansammeln und von hier aus bei entsprechenden Druckdifferenzen als Eruptionsprotuberanzen hervorbrechen. Diese Hohlräume werden von der glühend flüssigen Materie gebildet, welche das Innere des Sonnenballes constituirt. Auf den ersten Anblick scheint es, als wenn die Annahme, dass das Innere der Sonne ganz von glühendem Wasserstoffgase angefüllt, und diese ungeheure Gaskugel von einer flüssigen Hülle — der Trennungsschichte — eingeschlossen sei, den Erscheinungen ebensogut und noch ungezwungener Genüge leisten könne. Allein Zöllner hat nachgewiesen, dass diese Annahme zuletzt auf dasselbe hinausführt wie die erstere. Es würde nämlich unter dieser Voraussetzung, nach den Grundlehren der Mechanik nur dann ein stabiles Gleichgewicht stattfinden können, wenn das specifische Gewicht der flüssigen Grenzschichte geringer ist, als dasjenige der unmittelbar darunter befindlichen Gasschichte. Da aber die Dichtigkeit einer Gaskugel nothwendig von Aussen nach Innen hin wächst, so muss das specifische Gewicht der Grenzschichte geringer sein, als das mittlere Gewicht der Sonne. Setzt

man aber als oberste Grenze hierfür das mittlere specifische Gewicht der Sonne, so würde man hierdurch gleichzeitig die Annahme machen, dass alle tieferen Gasschichten unter der flüssigen Hülle das gleiche specifische Gewicht besitzen. Denn geringer kann das specifische Gewicht dieser Gasschichten selbst in den äussersten Theilen derselben nicht sein, weil sonst die unmittelbar darüber liegende flüssige Grenzschichte ein grösseres specifisches Gewicht besässe und dieses mit einem stabilen Gleichgewichte unverträglich ist. Grösser könnte das specifische Gewicht der obersten und überhaupt aller Gasschichten im Innern der Sonne aber auch nicht sein, wie dasjenige der flüssigen Hülle, weil sonst das durchschnittliche specifische Gewicht der Sonne ebenfalls grösser als dasjenige dieser Hülle sein müsste, was gegen die Annahme ist. Also müsste in diesem Falle das specifische Gewicht aller Schichten des gasförmigen Sonnen-Innern das gleiche sein. Nun nimmt aber die Dichtigkeit einer Gaskugel von oben nach dem Mittelpunkte hin zu, das Sonnen-Innere könnte also auf keinen Fall eine Gaskugel sein, sondern müsste aus einer unzusammendrückbaren und daher in allen Theilen gleiches specifisches Gewicht besitzenden Flüssigkeit bestehen. Damit haben wir aber ganz genau die Zöllner'sche Theorie, nach welcher die gasigen Wasserstoffmassen aus blasenartigen Hohlräumen, die aus flüssigen Massen gebildet sind, emporbrechen. Diese ungeheuren Gasmassen sind also, verglichen mit dem ganzen glühend-flüssigen Sonnen-Innern, nur lokale Ansammlungen nahe der Oberfläche, die an Masse und Ausdehnung durchaus gegen die gluthflüssige Sonnenkugel verschwinden.

Die Annahme eines glühend-flüssigen Sonnenkernes rechtfertigt sich aber auch noch, wenn man den Druck berechnet, welcher im Innern der Sonne herrscht. Der

ungeheure, jede Vorstellung übersteigende Druck von 4,000000 Atmosphären oder 60 Millionen Pfund auf jeden Quadratzoll Oberfläche, herrscht der Berechnung zufolge, schon in einer Tiefe von 139 Meilen unter der Sonnenoberfläche und in grösserer Tiefe nimmt dieser Druck zudem noch ungemein rasch zu. Das Experiment hat nun schon seit geraumer Zeit gelehrt, dass gewisse Gase durch hinreichenden Druck in tropfbare Flüssigkeiten verwandelt werden können. Besonders der geniale Faraday hat auf diesem Wege sehr interessante und wichtige Resultate erhalten. Im Jahre 1844 gelang es ihm sogar gewisse Gase nicht allein zu Flüssigkeiten zu comprimiren, sondern sogar in die feste Aggregatform überzuführen. Faraday verfuhr bei seinen Untersuchungen derart, dass er der Wirkung des angewandten starken Druckes auf das Gas, diejenige einer intensiven Kälte zugesellte. In der That unterstützt Kälte die Zusammenpressung beträchtlich, Erwärmung dagegen widersetzt sich ihr, sie verleiht den Gasmolekülen eine gewisse Kraft, der Verdichtung zu widerstehen. Genau das Gleiche muss auch auf der Sonne stattfinden. Die daselbst herrschende ungeheure Gluth setzt der Zusammenpressung der inneren Gasmassen einen ebenso ungeheuren Widerstand entgegen, aber der noch unverhältnissmässig beträchtlichere Druck überwiegt in solchem Grade, dass trotz der enormen Gluth die permanenten Gase, z. B. der Wasserstoff nur in glühend-flüssigem Zustande in der Sonne vorhanden sein können.

Die hohen Werthe für die Temperatur der obersten Sonnenschichten, welche Zöllner aus seinen Untersuchungen abgeleitet hat und wonach die dort herrschende Hitze diejenige des in richtigem Verhältnisse gemischten Knallgases von Kohlenoxyd und Sauerstoff, die nach

Bunsen's Arbeiten 3000 Grad C. beträgt, ganz unvergleichlich übertrifft, steht durchaus in Uebereinstimmung mit den Meinungen, welche man sich über die Sonnen-gluth gebildet hat. Ja, Secchi ist geneigt die Temperatur der Sonne noch weit höher anzunehmen, und veranschlagt sie auf 5 bis 10 Millionen Grade. Doch ist das nur eine unvollkommene und von irrthümlichen Voraussetzungen ausgehende Schätzung, die neben Zöllner's Resultaten keinen Werth besitzt. Secchi stützt seine Schätzung der Sonnentemperatur auf die Annahme einer Proportionalität zwischen der Wärmestrahlung eines Körpers und seiner Temperatur. Versuche von Soret haben aber ergeben, dass diese Voraussetzung eine irrthümliche ist. Aus seinen neuesten Rechnungen findet Zöllner die absolute Temperatur der Chromosphäre zu 61350° C., macht aber selbst ausdrücklich darauf aufmerksam, dass es sich bei der grossen Ungenauigkeit der den Berechnungen zur Grundlage dienenden empirischen Daten vorläufig nur darum handeln könne, ganz rohe Näherungswerthe zu erhalten, welche nicht sowohl die Temperatur selbst, als vielmehr die Ordnung derselben feststellen. Es wird Sie interessiren, den Weg kennen zu lernen, auf welchem der Leipziger Astro-Physiker zu der angegebenen Schätzung der Sonnentemperatur gelangte. Diese Methode erfordert zu ihrer Anwendung als theoretische Voraussetzung nur das Gesetz von Mariotte und Gay-Lüssac und als empirische Voraussetzung nur die Kenntniss des Dichtigkeitsverhältnisses, welches in zwei verschiedenen Höhenschichten der Wasserstoffatmosphäre, deren Abstand bekannt ist, stattfindet. „Die spectroscopische Untersuchung des Sonnenrandes gestattet uns, einen Theil der glühenden Wasserstoffatmosphäre, welche einen wesentlichen Bestandtheil der Sonnenatmosphäre bildet, in Form der so ge-

nannten Chromosphäre zu beobachten, und die mittlere Höhe dieser Schichte an denjenigen Stellen des Sonnenrandes zu bestimmen, welche durch Abwesenheit von Protuberanzen auf einen gewissen Gleichgewichtszustand der Atmosphäre schliessen lassen. Wäre man daher im Stande, das Druck- oder Dichtigkeitsverhältniss an der untern und obern Grenze der Chromosphäre auch nur annähernd zu ermitteln, so gelangte man hierdurch in den Besitz derjenigen beiden empirischen Data, welche durch Anwendung der Formeln die Berechnung eines mittlern Temperaturwerthes für die Chromosphäre gestatten.“ Zöllner zeigt nun, dass es in der That möglich ist, näherungsweise das Druckverhältniss an der Basis und an der gewöhnlich sichtbaren Grenze der Chromosphäre zu bestimmen. Unter Berücksichtigung eines von ihm bewiesenen Satzes wird nämlich für dieses Verhältniss das näherungsweise Verhältniss der Druckwerthe vorausgesetzt werden können, innerhalb welcher unter irdischen Verhältnissen das Wasserstoffspectrum die analogen Veränderungen seiner Beschaffenheit erleidet, durch welche die beiden Grenzen der Chromosphäre optisch bedingt sind. Nach Versuchen von Wüllner würden diese Veränderungen in runder Zahl etwa zwischen den Druckwerthen von 2240 mm. und 1 mm. liegen. Da nun die mittlere Höhe der Chromosphäre an möglichst ruhigen Stellen der Sonnenoberfläche den Beobachtungen zu Folge ungefähr zu 10 Bogensekunden angenommen werden kann, so ist man im Besitze der numerischen Daten, welche Zöllner's Formel verlangt.

Ich will, ehe ich auf den Zusammenhang zwischen den Protuberanzen und den Sonnenflecken näher eingehe, hier noch eines Versuches gedenken, die Temperatur der Sonnenoberfläche zu bestimmen, den vor fast zwanzig

Jahren Waterston angestellt hat, und der zwar damals keine positiven Resultate lieferte, der aber trotzdem verdient, unter vervollkommenen Bedingungen wiederholt zu werden. Ein Thermometer wurde in drei concentrische Hüllen eingeschlossen, die durch eine Lampe gleichmässig bis auf 200 Grad C. erhitzt werden konnten. Dieser Apparat wurde unter Ausschluss der Sonnenstrahlen auf eine beliebige unveränderliche Temperatur gebracht. Hierauf liess man durch Glaseinsätze in den drei Hüllen die Sonnenstrahlen einfallen und beobachtete die Erhöhung des Thermometerstandes. Diese Erhöhung erwies sich stets gleich und betrug etwa 28 Grad, mochte die anfängliche Temperatur auch irgend einen beliebigen Werth bis zu 120 Grad C. besitzen. Nun wächst aber nach einem bekannten physikalischen Gesetze die Wärmestrahlung ungefähr in dem nämlichen Verhältnisse wie der Wärmeunterschied der Körper, zwischen denen sie stattfindet. Es ergibt sich also nach Waterston's Versuchen, dass ein Temperaturunterschied von etwa 100 Grad C. verschwindend gering ist gegen die Anzahl der Thermometergrade, welche die Sonnentemperatur ausdrückt. —

Wir haben gesehen, wie die Sonnenprotuberanzen jederzeit am Sonnenrande wie auf der Sonnenscheibe existiren und unter Anwendung passender Hilfsmittel wahrgenommen werden können. Wir wollen nun zusehen, wie diese Gebilde über die verschiedenen Theile des Sonnenballes vertheilt sind, und in welcher nähern Beziehung sie etwa zu den Sonnenflecken oder Sonnenfackeln stehen.

Bezüglich der Vertheilung der Protuberanzen über die verschiedenen Breitenkreise auf der Sonnenoberfläche, hat Professor Respighi sehr werthvolle Beobachtungen angestellt, indem er während der Dauer eines Jahres Tag für Tag den Sonnenrand untersuchte und die wahr-

genommenen Protuberanzen aufzeichnete. Aus diesen Aufzeichnungen hat sich ergeben, dass auf der südlichen Halbkugel der Sonne die Protuberanzen sowohl an Zahl als an Grösse gegen die nördliche Sonnenhemisphäre vorherrschen. In den polaren Gegenden der Sonne bis zu 20 Grad von jedem der Pole entfernt, kommen Protuberanzen nur selten oder gar nicht vor, wenigstens gilt dies von grösseren Protuberanzen, nicht von jenen kleinen Anschwellungen der Chromosphäre, wobei diese an ihrer Oberfläche wie gezahnt erscheint. In den äquatorealen Gegenden der Sonne sind grosse Protuberanzen ebenfalls äusserst selten, sie kommen hier bei weitem nicht so häufig vor, als in höheren Breiten. Die Protuberanzen sind am zahlreichsten in den beiden Fleckenzonen, doch finden sich auch Gebilde dieser Art in den Breiten von 40 bis 45 Grad, wo dagegen grosse Flecke sehr selten sind. Die Protuberanzen stehen also in einer gewissen Beziehung zu den Flecken. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass nach den Untersuchungen von Respighi die Chromosphäre in der Nähe von Flecken ziemlich niedrig, regelmässig und sehr hell ist, und dass von den Kernen der Flecke entweder gar keine oder doch nur sehr schwache Protuberanzen aufsteigen. Dagegen zeigen sich in der Nähe der Sonnenflecke grosse Protuberanzen von heftigen Bewegungen und bedeutender Intensität, die nicht allein Wasserstoff, sondern wie ihre Spectrallinien beweisen, auch andere Stoffe enthalten. Diese hellen Linien entsprechen meist denjenigen des Natriums, Magnesiums und Eisens; es kommen aber auch einige helle Linien vor, welche mit keinem bekannten Spectrum von irdischen Stoffen identificirt werden können und dennoch in der ganzen Ausdehnung der Protuberanzen von deren Basis bis zum Gipfel sichtbar sind.

Was die Dauer der Protuberanzen anbelangt, so haben die Beobachtungen von Respighi gezeigt, dass einige von ihnen in wenigen Minuten entstehen und wieder verschwinden, andere hingegen längere Zeit andauern und ihre Form bewahren. Am veränderlichsten erscheinen diejenigen Protuberanzen, welche in der unmittelbaren Nachbarschaft von Sonnenflecken entstehen, am längsten dagegen bleiben diejenigen bestehen, welche jenseits der Fleckenzone bis etwa zum 70. Grade der Breite auftauchen. Diese Gebilde hat Respighi bisweilen nach einer ganzen Sonnenrotation wiedergesehen und aus den Zeiten dieses Wiedererscheinens berechnet, dass die Rotation der Sonne in jenen hohen Breiten sehr nahe ebenso gross ist, wie sie die Beobachtungen von Flecken in den dem Aequator näheren Breiten ergeben haben. Hieraus folgt, dass jene Protuberanzen keine eigene Bewegung besitzen, sondern die wahre Umdrehungsdauer der Sonne ergeben, die von derjenigen, welche aus der Bewegung der Flecke, besonders in höheren Breiten folgt, abweicht. Im Allgemeinen fand Respighi, dass das Aufkommen einer Protuberanz durch das Abtrennen heller Punkte oder Striche von der Chromosphäre angezeigt wird, dass sich aus diesen Punkten dünne Strahlen in die Höhe erheben und in parabolischen Bewegungen niederfallen, dass diese Strahlen sich schliesslich zu grösseren, nebeligen Massen verbinden und dann entweder bald auf die Sonne zurückfallen, oder aufsteigend Höhen von 10000, ja 20000 und selbst 30000 bis 35000 Meilen erreichen.

Mit den Beobachtungen Respighi's stimmen im Allgemeinen auch die Beobachtungen Secchi's überein. Dieser berühmte Astronom findet, dass auf jeder Sonnenhalbkugel zwei Zonen vorkommen, in welchen die Zahl der Protuberanzen am grössten ist. Die meisten Protu-

beranzen treten in der Region der Sonnenflecke und Sonnenfackeln auf, dann werden sie gegen die Pole hin seltener, nehmen aber in 75 Grad Breite wieder an Häufigkeit zu. Was die äussere Form der Protuberanzen anbelangt, so unterscheidet Secchi zwei charakteristische Gestalten, die wolken- und fadenförmige. Ein Theil der fadenförmigen Protuberanzen, die in Wirklichkeit natürlich ungeheure und mächtige Gasströme sind, erscheint an der Spitze mit rothen Wolken gekrönt. Solche wolkigen Massen kann man mit unserm Cirrusgewölk vergleichen, wenn es von heftigen Winden gejagt wird. Diese Beschreibung Secchi's stimmt genau mit derjenigen überein, welche Spörer von diesen Gebilden gibt und welche ich Ihnen bereits mittheilte.

Die spectroscopischen Beobachtungen lassen den Zusammenhang der Protuberanzen mit den Fackeln und Flecken noch immer in grosser Dunkelheit. Es scheint jedoch, als wenn die Protuberanzen in directer Beziehung zu den Fackeln ständen. Dies ist auch die Ansicht von Professor Spörer, der die Protuberanzen im Allgemeinen als die Vorläufer späterer Fleckengruppen betrachtet, und glaubt, dass die matten Stellen zwischen den hellen Fackeladern vielleicht den Ort der Protuberanzen bezeichnen möchten. Bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternisse hat man sich schon früher viel, aber meist erfolglos bemüht, die Beziehungen der Protuberanzen zu den Flecken und Fackeln nachzuweisen. Die sichersten Resultate hat in dieser Hinsicht noch die Sonnenfinsterniss vom 28. Juli 1851 geliefert. Die grosse hakenförmige Protuberanz, welche sich damals zeigte, fiel fast ganz genau mit dem Orte von glänzenden Fackeln zusammen, die im Sonnenrande lagen, während der Abstand der nächsten Flecke von dem betreffenden Orte

noch ein recht erheblicher war. Jul. Schmidt schloss schon damals aus seinen Beobachtungen, dass wahrscheinlich die betreffenden Fackeln die Basis der Protuberanz gebildet hätten. Die grössere Energie, welche mit dem Emporschiessen von mächtigen Protuberanzen verbunden ist, macht es in der That schon an und für sich wahrscheinlich, dass die Punkte, wo dieses Hervorbrechen stattfindet, sich durch eine intensivere Helligkeit vor den übrigen auszeichnen werden und so durfte man die Basis der Protuberanzen schon an und für sich in eine nahe Beziehung zu den Sonnenfackeln bringen, ohne eine eben unwahrscheinliche Hypothese aufzustellen. Die Beobachtungen bestätigen einen allgemeinen Zusammenhang zwischen beiden Phänomenen, wie wir gesehen haben.

Ich habe Ihnen nun die Sonne vorgeführt, wie sie nach den Resultaten der heutigen Wissenschaft thatsächlich existirt; ich habe die physische Grösse des Sonnenballes vor Ihrem geistigen Auge entrollt und habe Ihnen ein Bild zu geben versucht von den ungeheuren mechanischen Kraftmengen, welche die glühende Sonne in jedem Augenblicke ausströmt. Wir fanden dort einen Vorrath von lebendiger Kraft, der jeder Vorstellung trotzt, welcher der grössten Verschwendung gegenüber unerschöpflich scheint, — scheint, ob aber auch thatsächlich ist? Sie wissen nach dem, was ich in den früheren Briefen gesagt: Nein. Der Vorrath an lebendiger Kraft, welchen die Sonne in sich birgt, ist ungeheuer, aber er ist zu erschöpfen und wird sich erschöpfen, er muss sich erschöpfen. Die ungeheuren Bewegungen, der wilde Uebermuth der rohen feurigen Gewalten, die auf der Sonne heute wie vor Jahrmillionen und noch in kommenden Jahrmyriaden ihr Spiel treiben, er wird sich legen, die Zeit wird ihn bändigen und alle Bewegung auf der

Sonne in Fesseln schlagen — eine ungeheure, todte Oede, jeder Stürme beraubt und der Erstarrung preisgegeben, wird dort entstehen, wo vordem feurige Gluthen ihre erd-ballgrossen Garben Tausende und Zehntausende von Meilen in die glühende Atmosphäre emporschleuderten und das organische Leben auf den fernen Planeten unterhielten. Wann diese Zeit der Erschöpfung für die Sonne kommt, weiss ich nicht und Niemand kann es wissen; so viel aber ist unzweifelhaft, dass wenn jene Zeit gekommen ist, alle und jede Erinnerung an unser Sein für immer dahin, die Spur von unser Aller Erdentagen längst verweht sein wird.

IX.

Die Entstehungsgeschichte des Sonnensystems ist, Dank den gewaltigen Fortschritten der Wissenschaft, heute mit einem so hohen Grade von Sicherheit und so sehr bis in's Detail herab bekannt geworden, dass man in dieser Beziehung von der Zukunft wohl nur geringe Modificationen dieser heute geltenden Anschauungen erwarten kann und darf. Anders ist es mit der Frage nach der zeitlichen Dauer dieses Systems, nach den Jahrmillionen, die verflossen sind, seit der Urnebelball zuerst einen Ring glühender Materie abschied und dem entferntesten Planeten sein Dasein gab, oder nach den Zeiträumen, welche seit Entstehung des untersten Planeten oder der Erde verflossen sind. Diese Fragen sind hoch interessant, aber so gross ist die Schwierigkeit ihrer Beantwortung, dass man erst kürzlich gewagt hat, sie überhaupt aufzuwerfen, während man in früherer Zeit, vor vierzig oder fünfzig Jahren, kaum wagte, an ein solches Problem zu denken. Gegenwärtig kann man wenigstens, ohne den Vorwurf müssiger Speculationen zu befürchten, ruhig die Frage nach dem Alter des Sonnensystems und seiner einzelnen Glieder aufstellen und beleuchten; und ich zweifle nicht, dass der Gegenstand, einmal in dieses Stadium getreten, nicht eher wieder aus der Hand gelegt wird,

bis irgend ein Forscher mit Glück und Geist ihm wenigstens eine solche Lösung abgerungen hat, bei der sich der denkende Mensch eine Zeit lang beruhigen darf. Hiermit habe ich nun auch zugleich ausgesprochen, dass eine befriedigende Lösung des Problems, mit dem wir uns jetzt beschäftigen wollen, zur Zeit noch nicht gegeben werden kann; wir wollen indess hier zusehen, wie weit man in dieser Beziehung an der Hand einer sachlichen Ueberlegung kommen kann.

Bekanntlich fehlt den Geologen bezüglich der von ihnen in der Erdentwicklung unterschiedenen Perioden, so gut wie jeder chronologische Massstab. Wenn wir in der Geologie von der silurischen und cambrischen Zeit, von der Jura- und Kreide-Periode hören, so haben wir keinerlei sichern Massstab, nach dem wir die chronologische Dauer dieser Zeiten abmessen, die Jahresreihe, welche jede in sich schloss, schätzen könnten. Erst nach vielen und grossen Anstrengungen ist es den Geologen gelungen, eine relative Zeitbestimmung für die Entwicklung des Erdballes festzustellen und die Altersfolge, nicht das Alter selbst, für die einzelnen, den Perioden der Erdbildung entsprechenden Schichten festzustellen. Sonach wissen wir z. B. jetzt, dass die Ueberreste eines organischen Wesens, welche man in der silurischen Formation findet, viel älter sein müssen, als Versteinerungen aus der Kohlenzeit, diese wiederum älter als solche aus dem tertiären Gebirge und diese wiederum älter als Petrefacte, die sich im Diluvium vorfinden. Die Aufstellung dieser relativen Altersfolge der Schichten bezeichnet einen grossen Fortschritt in der geologischen Wissenschaft, und es hat, wie bereits hervorgehoben, bedeutende Anstrengungen gekostet, ehe die Reihenfolge der Schichten mit einer gewissen Zuverlässigkeit bekannt und jede Schichte selbst gehörig

identificirt werden konnte. Der Kosmologe befindet sich in einem analogen Falle, nämlich bezüglich des relativen Alters der Planeten, in weit günstigeren Verhältnissen; denn der Entstehungsgeschichte des Sonnensystems gemäss, müssen die weiter von der Sonne abstehenden Planeten älter sein, als diejenigen, welche der Sonne am nächsten sind. Der entfernteste Neptun ist also, unseren heutigen Kenntnissen zufolge, der älteste Planet, und der sonnen-nahe Merkur der jüngste. Man kann nun nach den Verhältnissen des relativen Alters der einzelnen Planeten fragen, d. h. man kann die Frage aufwerfen, wie viel mal älter ein äusserer Planet sei als ein innerer. Auch hierüber lässt sich zur Zeit wenig oder gar nichts sagen. Der Urnebel der Sonne reichte vor Zeiten bis über die Neptunbahn hinaus; als er sich so weit condensirt hatte, dass sein Aequator etwa die Bahn des heutigen Neptun bezeichnete, riss in Folge der zu schnellen Rotation ein Ring nebeliger Materie ab und aus diesem Ringe bildete sich zuletzt der Planet Neptun. Wie weit sich aber beim Abtrennen des Ringes die Grenzen des Centralnebels zurückzogen, lässt sich speciell nicht wohl bestimmen; so viel ist indess sicher, dass sie auf jeden Fall die Uranusbahn noch weit überschritten. Nach einer langen Reihe von Jahren verdichtete sich der Nebel mehr und mehr und zog sich endlich bis fast zur heutigen Uranusbahn zusammen, jetzt erfolgte die Abtrennung des Uranusringes und schliesslich die Bildung dieses Planeten. Die Grenzen des Centralnebels zogen sich gegen die Saturnsbahn zusammen. Wie es in dieser Weise fortging, ist klar. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass die Ringbildung und die Abtrennung der Planeten in dem Masse schneller erfolgte, als die Zusammenziehung zunahm. Die Ausstrahlung hängt nämlich unter gleichen Umständen

von der Grösse der Oberfläche ab, und diese, welche sich wie das Quadrat des Halbmessers verhält, ist bei kleinen Kugeln verhältnissmässig bedeutender als bei grossen. Denkt man sich mit den mittleren Abständen der Planeten Kugeln um die Sonne als Mittelpunkt beschrieben, und nimmt die durch die Neptunbahn bezeichnete Kugel zur Einheit, so hat man folgende Verhältnisse der Volumina und Oberflächen der, den übrigen Planetenabständen entsprechenden Kugeln.

Planet	Volumen	Oberfläche
Neptun	1.	1.
Uranus	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{5}$
Saturn	$\frac{1}{31}$	$\frac{1}{10}$
Jupiter	$\frac{1}{193}$	$\frac{1}{33}$
Mars	$\frac{1}{7700}$	$\frac{1}{389}$
Erde	$\frac{1}{27000}$	$\frac{1}{904}$
Venus	$\frac{1}{72000}$	$\frac{1}{1728}$
Merkur	$\frac{1}{470000}$	$\frac{1}{6034}$

Sie ersehen aus dieser kleinen Tafel mit Leichtigkeit, dass, während das Volumen des Nebelballes successive abnahm, der Wärmeverlust desselben durch Ausstrahlung sich verhältnissmässig steigern musste. Die Zusammenziehung und Ringbildung erfolgte also immer schneller und während bis zur Bildung des Neptun eine äusserst lange Zeit verflossen sein muss, trennte sich Uranus schneller ab, Saturn abermals schneller und so weiter, bis schliesslich der Zeitraum zwischen der Bildung des Merkur und der Sonne der kürzeste von allen gewesen sein wird, der zwischen der Bildung je zweier Planeten verfloss. Es lässt sich nun auch sehr gut begreifen, wie es kommt, dass von

den sonnenfernen Planeten wenigstens Jupiter und Saturn sicher noch nicht erkaltet sind, während die innern, vom Mars bis zum Merkur schon längst erstarrten. Wäre nämlich die Planetenbildung in durchschnittlich gleichen Zeiträumen erfolgt, so hätte der grössere Zeitunterschied möglicherweise die Verschiedenheit der Ausstrahlung compensiren können, d. h. Jupiter hätte trotz seiner bedeutenderen Grösse heute ebensogut gänzlich erkaltet sein können, wie der kleine Merkur. Dasselbe hätte der Fall sein können, wenn der ganze Vorgang der Planetenbildung ein kosmologisch sehr alter wäre. Wir dürfen daher schliessen, dass unser Sonnensystem als solches eine verhältnissmässig noch junge Bildung im Weltenraume ist, eine solche nämlich, welche die Phasen ihrer Existenz noch lange nicht alle durchlaufen hat, sondern gewissermassen noch in der Jugendperiode ihres Daseins sich befindet. Dieser Schluss wird auch durch den Zustand der Sonne, wie wir ihn gegenwärtig kennen, unterstützt. Dieselbe besitzt nämlich noch immer einen äusserst beträchtlichen Grad von Hitze, sie ist jedenfalls noch in einem Stadium des weissglühenden Flusses und wird von einer glühenden Atmosphäre umhüllt, die eine Anzahl der schwerstflüssigen Körper als glühenden Dunst enthält. Die Sonne ist also gegenwärtig noch sehr weit von dem Zustande beginnender Incrustirung entfernt, die Flecke, als Abkühlungsproducte gewisser Stellen ihrer Oberfläche, haben stets eine sehr ephemere Dauer und ihre Gesamtoberfläche ist äusserst gering im Verhältnisse zur Oberfläche des ganzen glühenden Sonnenballes.

Es ist hier der Ort, einige Worte über den ursprünglichen Zustand des Nebelballes, aus welchem sich das heutige Planetensystem bildete, zu sagen. Wenn man bedenkt, dass vor Bildung des uns be-

kannten Planetensystems, die ganze Materie desselben in einem Raume vertheilt gewesen sein muss, welcher bis über die Bahn des Neptun hinausreicht, so findet sich leicht, dass selbst unter Voraussetzung einer sehr flachen sphäroidischen Gestalt, die Dichte dieses ungeheuren Balles nur den zehnmillionten Theil von derjenigen des leichtesten bekannten Körpers, des Wasserstoffgases, sein konnte. Dieser über jedes Vorstellungsvermögen verdünnte Ball konnte eben deshalb nicht lange eine hohe Temperatur behalten, er musste vielmehr bald erkalten und seine Verdichtung, allerdings eine Quelle neuer Wärme, beginnen. Uebereinstimmend hiermit, hat es auch die Spectralanalyse wahrscheinlich gemacht, dass gewisse Nebelflecke gegenwärtig keineswegs eine sehr hohe Temperatur besitzen. Selbst zur Zeit als der Mond sich von dem Nebelballe der Erde ablöste, musste letzterer noch durchaus gasförmig sein; denn die Rechnung zeigt, dass damals seine mittlere Dichte noch nicht den fünften Theil der Dichte des Wasserstoffgases betrug.

Man hat sich früher vielfach bemüht, in den Abständen der einzelnen Planeten von der Sonne eine gesetzmässige Anordnung zu entdecken und besonders der ehemalige Berliner Astronom Bode hat mit Vorliebe über dieses Problem nachgegrübelt. Durch Titius aufmerksam gemacht, fand er in der That eine Art von Progression, nach welcher die Abstände der Planeten sich einigermaßen darstellen lassen. Es ist diess das etwas prunkvolle sogenannte Titius-Bode'sche „Gesetz“. Später hat Wurm dasselbe dadurch mit der Wirklichkeit etwas besser in Uebereinstimmung gebracht, dass er die mittlere Entfernung der Erde = 1000 setzte und dann die mittleren Distanzen der Planeten durch die Formel:

$$387 + 2^{n-2} \cdot 293$$

ausdrückte. Führt man diese Rechnung durch, so findet

man für die einzelnen Planeten diejenigen Entfernungen, welche in der nachstehenden Tafel angegeben sind. Dieselbe Tafel enthält auch die wirklichen relativen Entfernungen, wobei die der Erde = 1000 gesetzt ist, so wie in der letzten Spalte den Unterschied zwischen diesen und den Zahlen der Wurm'schen Reihe:

P l a n e t	Entfernung nach Wurm's Reihe	Wahre Entfernung	Differenz
Merkur	387	387	—
Venus	680	723	+ 43
Erde	973	1000	+ 27
Mars	1559	1524	— 35
Jupiter	5075	5203	+ 128
Saturn	9763	9539	— 224
Uranus	19139	19182	+ 43
Neptun	37891	30070	— 7821

Mit Ausnahme des Neptun stimmen die theoretisch gefundenen Entfernungen der einzelnen Planeten leidlich mit der Wirklichkeit überein. Aber man würde doch sehr irren, wenn man daraus schliessen wollte, die Coëfficienten der obigen Wurm'schen Formel entsprächen der Wirklichkeit in Bezug auf die Absonderung der einzelnen Nebelringe bei Bildung des Planetensystems. Die heutigen mittleren Abstände der einzelnen Planeten von der Sonne können nämlich unmöglich noch den ursprünglichen, anfänglichen, entsprechen, sondern haben in Folge des Aetherwiderstandes im Laufe der Jahrmillionen abgenommen und diese Abnahme muss unter übrigens gleichen Verhältnissen um so bedeutender sein, je älter die einzelnen Planeten sind. Wir werden daher die grössten Bahn-

verengungen bei den oberen Planeten zu erwarten haben, während wir annehmen müssen, dass die innersten Planeten am wenigsten von ihren anfänglichen Entfernungen einbüßten. Zur Ableitung einer allgemeinen Formel für die mittleren Distanzen der Planeten müssen wir uns daher am richtigsten an die inneren Planeten halten. Benutzt man demgemäss unter der Voraussetzung, dass die allgemeine Form der Wurm'schen Reihe richtig ist, die gegenwärtigen Abstände der Planeten Merkur und Venus zur Ableitung der beiden Constanten, so hat man folgende Formel für die ursprünglichen Entfernungen der sämtlichen Planeten: $387 + 2^{n-2} \cdot 336$.

Hiernach ist folgende Tabelle berechnet worden, welche die ursprünglichen (theoretischen) und die heutigen mittleren Entfernungen, so wie die Differenz beider Werthe für jeden der bekannten Planeten enthält.

P l a n e t	Ursprüngliche (theoretische) Entfernung von der Sonne	Heutige Entfernung von der Sonne	Differenz
Merkur	387	387	—
Venus	723	723	—
Erde	1059	1000	— 59
Mars	1731	1524	— 207
Jupiter	5763	5203	— 560
Saturn	11139	9539	— 1600
Uranus	21891	19182	— 2709
Neptun	43395	30070	— 13325

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, wie die wirklichen Entfernungen der Planeten immer mehr hinter den unter den obigen Voraussetzungen als anfänglich berechneten zurückbleiben, je weiter wir uns von der Sonne entfernen

oder mit anderen Worten, je älter die betreffenden Planeten sind. Wäre in der letzten Columne unserer Tabelle eine einzige der folgenden Zahlen kleiner als eine vorhergehende, so würde diess beweisen, dass meine Voraussetzung unrichtig ist, d. h. dass heute noch die Distanzen der einzelnen Planeten nicht wesentlich von den anfänglichen verschieden sind. Umgekehrt aber darf man nun schliessen, dass in der That sämtliche Planeten seit ihrem Entstehen, in Folge des Aetherwiderstandes der Sonne merklich näher gerückt sind und zwar die oberen bereits um einen sehr beträchtlichen Bruchtheil ihrer ursprünglichen Entfernung. Welche Folgen diess u. a. auch in Bezug auf die Aenderungen der säcularen Störungen der Planetenbahnen hat, will ich hier nicht weiter andeuten, sondern nur bemerken, dass schon aus diesem Grunde Vorausberechnungen etwa der Gestalt der Erdbahn für eine Reihe aufeinanderfolgender Jahrmillionen, wie sie neuerdings ausgeführt und für die Erklärung der Eiszeit verwerthet wurden, völlig haltlos erscheinen.

Wenn ich oben hervorhob, dass unser Sonnensystem im Ganzen noch gewisse jugendliche Zustände darbiete, und sein Alter kein sehr beträchtliches sein könne, so darf man daraus keineswegs den Schluss ziehen wollen, es sei die Anzahl der Jahrmillionen, durch welche dasselbe existirt hat, eine geringe, sondern es soll damit nur gesagt sein, dass die Anzahl der Jahre, während deren das Sonnensystem besteht, im Vergleich zu derjenigen Jahresreihe, für die seine Existenz möglich ist, eine nicht überwiegend grosse sein kann.

Wäre es möglich, für irgend einen Planeten einen näherungsweise Werth seines Alters nach Jahren oder vielmehr Jahrmillionen abzuleiten, so würde dieses zu einer Reihe interessanter Schlüsse Veranlassung bieten,

besonders bezüglich der Grösse der mechanischen Kraft, welche als Wärme in der Sonne ruhte und seit einer unermesslichen Reihe von Jahrtausenden fort und fort in den Weltraum ausgeströmt ist. Einen Versuch zu einer derartigen Berechnung habe ich bezüglich der Erde angestellt, doch kann dieser Versuch eigentlich nur zu einem Grenzwerthe für das Alter der Erde führen, d. h. zu einer Jahresreihe, welche das wirkliche Alter der Erde in keinem Falle überschreiten, ja bei weitem noch nicht erreichen kann. Uebrigens reicht diese Rechnung nur bis zu der Zeit, als sich die Erde bereits mit einer festen Kruste umgeben hatte.

Wenn man sich über die Bildung des Erdinnern klar zu werden sucht, so kommt man mit einigem Nachdenken zu dem Resultate, dass der Bau des Innern unsers Planeten ein symmetrischer sein müsse, insofern nämlich der Schwerpunkt der Erde allenthalben von concentrischen Schichten umgeben sei, die von innen nach der Oberfläche hin aus Materie von stets abnehmender Dichte bestehen. Diese Schlussfolgerung ist eine durchaus richtige, ja ohne eine regelmässige Massenvertheilung im Innern der Erde würde der grösste Theil der astronomischen Untersuchungen ganz unmöglich sein. Von dieser concentrischen Lagerung der Schichten zeigen sich nur an der Erdoberfläche gewisse Abweichungen, deren Ursachen theils in vulcanischen, theils in neptunischen Einwirkungen zu suchen sind. Vulcane und Erdbeben, plutonische Kräfte und die chemische und mechanische Thätigkeit des Wassers, haben die Unregelmässigkeiten der Erdoberfläche und der Regionen in nächster Nähe unter derselben hervorgerufen. Wie gering aber die Unregelmässigkeiten der Erdoberfläche im Vergleiche zum ganzen Volumen des Erdballes sind, mag man daraus erkennen, dass bis jetzt noch kein künstlicher Globus von der erforderlichen Grösse hergestellt worden ist, um auf

demselben im wahren Verhältnisse die Gebirge erhaben anbringen zu können. Wenn man die sämtlichen europäischen Gebirge gleichmässig über die Oberfläche dieses Erdtheiles vertheilen könnte, so würde die mittlere Höhe desselben um 914 Fuss zunehmen; für Nordamerika findet sich unter den gleichen Umständen eine Höhenzunahme von 702 Fuss, für Südamerika 1080, für Asien 1062 Fuss. Daneben umfasst der Erdradius 19,632000 Fuss, so dass jene Unebenheiten des Bodens an der Oberfläche völlig verschwinden.

Die Untersuchungen der Neuzeit über die Gestalt der Erde haben deren Abplattung an den Polen mit einem hohen Grade von Genauigkeit kennen gelehrt. Bessel hat in seiner klassischen Arbeit die Abplattung der Erde im Mittel zu $\frac{1}{299}$ gefunden, spätere Untersuchungen haben sie noch etwas grösser ergeben, so dass man $\frac{1}{289}$ als den Grenzwert annehmen kann, dem sich die Untersuchungen mehr und mehr nähern.

Die Abplattung unsers Planeten beweist nun, wie bereits früher eingehend gezeigt wurde, dass die Erde in ihrer Jugendzeit in einem heissflüssigen Zustande sich befunden haben muss; aber sie beweist daneben auch, dass die Erde sich schon damals um ihre Axe drehte, und diese Drehung — wodurch Tag und Nacht entstehen — nicht etwa erst später, vielleicht durch den Anstoss eines Kometen, wie einige Philosophen annehmen zu müssen glaubten, erlangt haben kann. Ohne Rotation hätte die Erde nämlich eine vollkommen runde Kugel sein und bleiben müssen; erst als sie ihre Rotationsbewegung begann, erhoben sich die äquatorialen Schichten über ihr früheres Niveau und bildeten eine wulstartige Erhebung um den Aequator, wodurch die kugelförmige Gestalt der Oberfläche in die sphäroidale überging.

Wenn man sich eine in allen ihren einzelnen Schichten

gleichförmig dichte flüssige Kugel von der Grösse unserer Erde denkt und derselben einen Umschwung um ihre Axe ertheilt, vermöge dessen diese Kugel in der nämlichen Zeit wie unsere Erde sich einmal rund dreht, so zeigt die Rechnung, dass dann diese flüssige Kugel eine Abplattung von $\frac{1}{231}$ annehmen muss. Diese Abplattung ist aber weit grösser als diejenige, welche wir bei der Erde in Wirklichkeit gefunden haben. Um eine Abplattung von $\frac{1}{289}$ herauszubringen, müsste man annehmen, die Erde habe sich früher bei weitem langsamer um ihre Axe gedreht als heute, eine Annahme, die durch nichts begründet ist, ja der die wichtigsten Thatsachen, welche für das Entgegengesetzte sprechen, gegenüber stehen.

Denken wir uns jetzt eine Kugel von der Grösse der Erde, bei welcher der Mittelpunkt unendlich dichter als alle ihre übrigen Theile sei, bei der also die ganze Masse im Centrum vereinigt ist. Geben wir dieser Kugel einen Umschwung um eine Axe von der nämlichen Dauer wie der Umschwung der Erde wirklich beträgt, also von 23 Stunden 56 Minuten, so findet man auf dem Wege der Rechnung, dass die Kugel dann zu einem Sphäroid mit einer Abplattung von $\frac{1}{578}$ werden muss. Diese Abplattung ist nun gerade um die Hälfte kleiner, als diejenige, welche die Erde thatsächlich besitzt. Der Grund, weshalb wir auch jetzt nicht den wahren Werth der Abplattung fanden, ist darin zu suchen, weil wir annahmen, dass das Erdcentrum unendlich dicht sei, also nur dieses Masse besitze, die übrige Erde aber nicht, welche Annahme bloss einen Grenzfall darstellen kann, den jedenfalls die Wirklichkeit nicht erreicht. Zweitens haben wir uns aber auch die Voraussetzung erlaubt, dass die Rotation der Erde stets die gleiche gewesen sei wie heute, was ebenfalls nicht richtig sein kann, da, wie wir noch sehen werden,

die Umdrehungsdauer unseres Planeten sich stetig verlangsamten muss. Sie werden fragen, wie gross die Umdrehungszeit der Erde hätte sein müssen, um unter der Voraussetzung einer unendlich grossen Dichte ihres Centrums die wirklich gefundene Abplattung zu erhalten? Die Rechnung zeigt, dass dies eingetreten sein würde, wenn die Erde in $17\frac{1}{4}$ Stunden einmal um ihre Axe rotirte. Bei derselben Rotationsdauer von $17\frac{1}{4}$ Stunden aber würde die Erde, wenn sie in allen ihren Schichten durchweg gleich dicht wäre, die bedeutende Abplattung von fast $\frac{1}{120}$ besitzen. Welches aber auch immer das Gesetz der Dichtigkeitszunahme der Erdschichten gegen den Mittelpunkt hin sein mag, so viel ist gewiss, dass diese Dichtigkeitszunahme zwischen den Grenzen Null und Unendlich liegen muss, d. h., der wahre Zustand der Erde liegt zwischen dem einer in allen Schichten gleichmässig dichten Kugel und einer solchen, bei welcher das Centrum unendlich dicht ist. Mag nun der wirkliche Zustand der Erde zwischen diesen Grenzen sein welcher er wolle, so viel steht nach dem Vorhergehenden fest, dass die Erde sich niemals schneller als in $17\frac{1}{4}$ Stunden um ihre Axe hat drehen können, da sonst auf jeden Fall die Abplattung eine grössere geworden wäre, wie es in der That der Fall ist. Heute ist die Umdrehungsdauer der Erde 23 Stunden 56 Minuten; so lange also auch die Erde immerhin bestehen mag, so hat sie doch bis zum heutigen Tage ihre Rotation nicht um $6\frac{3}{4}$ Stunden verlangsamen können.

Die Mathematiker haben gezeigt, dass, wenn von den drei Stücken: Rotationsdauer, Abplattung, Gesetz der Dichtigkeitszunahme, zweie gegeben sind, das dritte durch Rechnung gefunden werden kann. Auf diesem Wege hat man z. B. gefunden, dass unter Zugrundelegung der heutigen Werthe für Rotation und Abplattung, das Quadrat

der Dichte der inneren Schichten sich wie der Druck ändere. Da aber für die vergangene Epoche, als die Abplattung sich herstellte, die Rotationsdauer kürzer gewesen sein muss als gegenwärtig, so ist das gefundene Gesetz der Dichtigkeitszunahme nicht das wirklich stattfindende. Es steht aber jedenfalls fest, dass die Dichtigkeitszunahme der Erde gegen den Mittelpunkt hin eine äusserst beträchtliche sein muss, wie dies auch durch die bedeutende mittlere Dichte der Erde angezeigt wird. Die Wirklichkeit nähert sich also der Annahme eines unendlich dichten Centrums in einem gewissen Sinne, d. h., die wahre ursprüngliche Rotationsdauer betrug zwischen $17\frac{1}{4}$ und 24 Stunden. Da wir, wie bereits mehrfach bemerkt, das Gesetz nicht kennen, nach welchem die Dichte mit der Annäherung an das Erdcentrum zunimmt, so ist nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung der mittlere Werth zwischen $17\frac{1}{4}$ und 24 Stunden oder $20\frac{6}{10}$ Stunden als wahrscheinlichste ursprüngliche Rotationsdauer festzuhalten. Dass dieser Werth nicht sehr bedeutend von dem wahren abweichen kann, lässt sich durch die Rechnung zeigen. Als Laplace nämlich gewisse, nicht unwahrscheinliche Voraussetzungen über die Zusammendrückbarkeit der inneren Erdmassen machte, erhielt er bei vierundzwanzigstündiger Umdrehungsdauer eine Abplattung von $\frac{1}{360}$, also weniger wie die wahre Abplattung. Indem ich dieselbe Rechnung dahin modificirte, dass nicht die Abplattung gesucht, sondern unter übrigens den nämlichen Annahmen, wie dieselben von Laplace gemacht worden, die Umdrehungsdauer bestimmt wurde, welche der wahren Abplattung zukam, fand ich hierfür einen Werth von $21\frac{1}{2}$ Stunden. Sie sehen, dieses Resultat weicht von dem oben genannten weniger ab, als man von zwei auf so ganz verschiedenen Wegen gewonnenen Ergebnissen hätte erwarten dürfen. In der

That kann das Resultat von $20\frac{6}{10}$ Stunden mit keinem grossen Fehler behaftet sein, denn es ist unzweifelhaft, dass die ursprüngliche Rotationsdauer weit schneller als die gegenwärtige und weit langsamer als die äusserst noch zulässige von $17\frac{1}{4}$ Stunden gewesen sein muss. Wenn es nun gelingt, einen mittlern Werth für die Verlangsamung der Erdumdrehung innerhalb einer chronologisch bestimmten Zeitdauer zu gewinnen, so würde damit die Frage nach dem chronologischen Alter der Erde gelöst sein.

Bis fast zur neuesten Zeit herab glaubte man annehmen zu müssen, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde im Verlaufe der historischen Zeit keinerlei Veränderung unterworfen sei, und zwar stützte sich diese Ansicht hauptsächlich auf eine Untersuchung von Laplace über die mittlere Mondbewegung. Ich will versuchen, Ihnen das Princip dieser Untersuchungen kurz auseinander zu setzen. Schon Halley war zu dem Ergebnisse gekommen, dass die mittlere Bewegung des Mondes seit den Zeiten des griechischen Astronomen Hipparch eine schnellere geworden sei, und vergebens strengten die bedeutendsten Geometer der damaligen Zeit ihre Kräfte an, um die Ursache dieser befremdenden Erscheinung zu ermitteln. Die mittlere tägliche Bewegung des Mondes ist nichts anderes als der Bogen am Himmel, den der Mond im Durchschnitt jeden Tag beschreibt. Nehmen wir an, der Mond durchlaufe jeden Tag einen Bogen des Himmels von genau 13 Grad und es verlangsame sich plötzlich die Rotationsdauer der Erde um $\frac{1}{13}$, d. h., es werde der Tag (nebst der Nacht) plötzlich um $\frac{1}{13}$ länger, so würde sich dies in der mittlern Mondbewegung dadurch verathen, dass der Mond täglich einen Weg am Himmel zurücklegte, der $\frac{1}{13}$ grösser als der frühere wäre. Es würde demnach scheinen, als wenn die mittlere Mond-

bewegung sich um $\frac{1}{13}$ beschleunigt hätte. Auf diese Weise hätte man schon zu Halley's Zeiten die Beschleunigung der mittleren Mondbewegung durch eine Verlangsamung der Erdrotation erklären können. Man hielt jedoch letztere für unveränderlich und Lagrange zeigte später in der That, dass es einen Umstand gibt, welcher unabhängig von einer Veränderung der Erdrotation die Mondbewegung beschleunigt. Dieser Umstand ist die Abnahme der Excentricität der Erdbahn. Obgleich die halbe grosse Axe der Erdbahn unveränderlich ist, so nimmt doch in Folge der Gesamteinwirkung der Planeten, die elliptische Gestalt der Erdbahn mehr und mehr ab und nähert sich der kreisförmigen. Dadurch wird aber die Sonne dem Mittelpunkte der Mondbewegung durchschnittlich etwas näher gerückt, die Schwere des Mondes gegen die Erde nimmt daher im Ganzen zu und der Umfang der Mondbahn verringert sich entsprechend. Diese Verkleinerung der Mondbahn macht sich nun in den Beobachtungen dadurch bemerkbar, dass der Ort des Mondes am Himmel demjenigen voraus ist, an welchem der Mond ohne die störende Einwirkung, die von der Abnahme der Excentricität abhängt, sich befinden würde. Das stimmt mit den Beobachtungen vollständig überein, allein es fragt sich, ob auch die Grösse der Acceleration der mittlern Mondbewegung, der Abnahme der Excentricität der Erdbahn entspricht. Diese Frage kann nur mit Hilfe der höhern Analysis in ihrer Anwendung auf die Störungstheorie, beantwortet werden. Laplace hat die hierzu erforderlichen Untersuchungen zuerst in solcher Vollständigkeit angestellt, dass man das Problem als gelöst betrachten konnte. Er fand durch ein abgekürztes Verfahren, für die Grösse der Acceleration der mittlern Mondbewegung den Ausdruck $10.72. t t$ Secunden, wo t die Anzahl der Jahr-

hunderte ist, die seit dem Jahre 1750 verflossen sind. Durch die Mond-Acceleration wird hauptsächlich der Ort des Mondes am Himmel verändert; da nun durch die Stellung des Mondes am Himmelsgewölbe die Sonnen- und Mondesfinsternisse bedingt werden, so bieten die alten Finsternissbeobachtungen ein gutes Mittel dar, die Grösse der genannten Acceleration bloß aus den Beobachtungen abzuleiten. Auf diesem Wege fand Hansen dafür den Werth von 12.18 Secunden, der also bis auf die kleine Differenz von 1.56 Secunden vollständig mit dem von Laplace theoretisch gefundenen übereinstimmt. Hiernach musste man sich also zu dem Schlusse berechtigt halten, dass die Veränderungen der Erdbahnexcentricität die alleinige und vollkommen ausreichende Ursache der Mondacceleration sei. Aber noch eine weitere und wichtige Folgerung zog man aus dem von Laplace gefundenen Resultate, nämlich die, dass in den letzten 2000 Jahren die Dauer des Tages (die Erdrotation) nicht um den hundertsten Theil einer Secunde sich verändert habe. Hätte nämlich die Rotationsdauer der Erde um diesen Betrag zugenommen, so würde die Säcularbewegung des Mondes heute um 2000 Secunden grösser sein müssen, als vor 2000 Jahren, was mit den Beobachtungen nicht vereinbar ist.

Adams und Delauney sind die Ersten gewesen, welche die Richtigkeit der Laplace'schen Entwicklungen bestritten. Indem beide, unabhängig von einander, den mathematischen Ausdruck für die Mondacceleration weiter entwickelten als dies von Laplace geschehen war, kamen sie auf Glieder, welche den von letzterm erhaltenen Werth fast um die Hälfte verminderten. Die beiden genannten Astronomen erhielten als Säcularacceleration der mittlern Mondbewegung den Werth von 6.11 Secunden und dieser muss, nach der eingehenden

Behandlung des Problems, als der richtigere angesehen werden. Nun genügt aber die Veränderung der Erdbahnexcentricität ganz und gar nicht mehr, um die Mondbewegung darzustellen, sondern es muss noch ein anderer Factor auf letztere einwirken. Als diesen Factor, den einzig zulässigen, hat man die Verlangsamung der Erdrotation zu betrachten.

Den Beobachtungen zufolge, ist die Säcularacceleration der Mondbewegung 12.18 Bogensekunden und das Voreilen des Mondes in Folge dieses Umstandes beträgt für die letzten 2000 Jahre $1^{\circ} 21' 12''$. Die Abnahme der Excentricität der Erdbahn hat an diesem Voreilen für denselben Zeitraum einen Antheil von $40' 44''$, sonach verbleiben also $40' 28''$ als scheinbares Voreilen des Mondes, bewirkt durch die Verlangsamung der Erdrotation. Nehmen wir nun an, dass gegenwärtig der Tag um eine Secunde grösser sei, als vor 2000 Jahren, dann würde also das Jahr um $365\frac{1}{4}$ Secunden und das Jahrhundert um 36525 Secunden, d. h. um 10 Stunden, 8 Minuten und 45 Secunden länger sein, als zu Hipparch's Zeiten. In diesem Zeitraume durchläuft der Mond aber am Himmel einen Bogen von 20053 Secunden, d. h. um diesen Betrag würde er vorgeeilt sein und der Factor der Acceleration müsste 514.2 Secunden sein, er ist aber bloss 6.11 Secunden, d. h. um $\frac{1}{84}$ kleiner, daher auch die Verlängerung der Rotationszeit seit Hipparch nicht 1 Secunde, sondern $\frac{1}{84}$ Secunde beträgt, so dass also die Verlängerung des Tages in $84 \times 2000 = 168000$ oder rund in 170000 Jahren den Werth von einer Secunde erreicht.

Die Ursache, welche diese Verlangsamung der Rotationsdauer der Erde bedingt, ist die Anziehung des Mondes auf die flüssigen Theile der Erdoberfläche. Durch die Anziehung des Mondes werden in der Fluth täglich gegen

120 Kubikmeilen Wasser über die Erde hinübergeführt, und die Reibung dieser Wassermasse ist es, welche die Rotation der Erde zu verlangsamen strebt.

Die Grösse dieser hemmenden Wirkung hängt von der Masse der Fluthwelle ab. Diese wiederum wird bedingt: 1. durch die Masse des Mondes, 2. durch die Entfernung des Mondes, 3. durch den Halbmesser der Erde, und 4. durch die Tiefe des Oceans. Von diesen vier Factors können wir die drei ersten unbedingt als constant ansehen; soweit es von ihnen abhängt, war also die Masse der Fluthwelle zu allen Zeiten die gleiche. Nicht dasselbe kann man von dem vierten Factor, der Tiefe des Oceans sagen. Es ist vielmehr äusserst wahrscheinlich, dass diese Tiefe in den verschiedenen geologischen Perioden verschieden gewesen ist. Inzwischen kann man immerhin annehmen, dass die durchschnittliche Tiefe der Oceane nie sehr beträchtlich von einem gewissen mittlern Werthe abgewichen sein wird, da die Quantität des Wassers eine so bedeutende ist, dass alles Festland unter den Meerespiegel herabsinken könnte, und trotzdem eine beträchtliche Wassertiefe übrig bleiben würde. Unter solchen Verhältnissen darf man, wenn es sich nur um einen rohen Ueberschlag handelt, behaupten, dass der angegebene Werth der Retardation der Erdumdrehung als ein mittleres Resultat für die ganze Vergangenheit gelte.

Verbindet man nun aber diesen Werth mit dem oben angegebenen der ursprünglichen Erdrotation, so erhält man sofort das Alter der Erde in Jahren. Die ursprüngliche Umdrehungsdauer war $20\frac{6}{10}$ Stunden, die gesammte Verlangsamung ist also $3\frac{2}{5}$ Stunden oder rund 12000 Secunden. In 170000 Jahren beträgt die Verlangsamung aber, wie wir gesehen, 1 Secunde, also 12000 Secunden in 12000×170000 Jahren oder in beiläufig 2000 Mil-

lionen Jahren und diese letztere Zahl gibt das Alter der Erde an. Es ist hierbei zu bemerken, dass bei dieser Berechnung die erste Zeit, nachdem die Erde mit einer festen Kruste umhüllt, aber diese noch so heiss war, dass sich das Wasser als Dampf in der Erdatmosphäre befand, ausgeschlossen ist. Denn ehe das Wasser condensirt als oceanische Masse die Erde bedeckte, konnte der Mond natürlich auch keine Fluth hervorrufen. Dieser Zeitraum ist aber gewiss im Verhältnisse zum Gesammtalter der Erde nur kurz gewesen, denn die Gesteine der Erde sind im Allgemeinen schlechte Wärmeleiter. Wir sehen z. B. auf Island, dass in einer dicken Lavaschicht innen feurige Gluth sein kann, und doch, trotz einer Erstarrung von nur ein paar Meter, aussen Schnee liegt. So wird auch die Erdkruste verhältnissmässig schnell so weit erkaltet sein, dass das Wasser sich auf ihr niederschlagen konnte. Uebrigens hat William Thomson durch eine scharfsinnige Analyse den mathematischen Nachweis geliefert, dass der Einfluss der innern Erdglut auf die Rinde unseres Planeten schon in den frühesten Zeiten, nachdem die Erde sich mit einer festen Kruste umhüllt hatte, rasch auf ein Unmerkliches herabgesunken sein muss. Boden und Atmosphäre erkalteten rasch und die Bildung oceanischer Becken reicht daher weit höher in die Vergangenheit der Erde hinauf, als man früher vermuthen konnte.

Bleiben wir einen Augenblick bei dem Einflusse, den der Mond auf die Erdrotation ausübt, stehen. Wir finden, dass die Wirkung des Mondes dahin geht, die Erdumdrehung mehr und mehr zu verlangsamen und man kommt bei einiger Ueberlegung leicht zu dem Ergebnisse, dass diese Verlangsamung so lange zunehmen wird, bis die Erde sich in der nämlichen Zeit um ihre Axe dreht, welche der Mond gebraucht, um seine Revolution um die

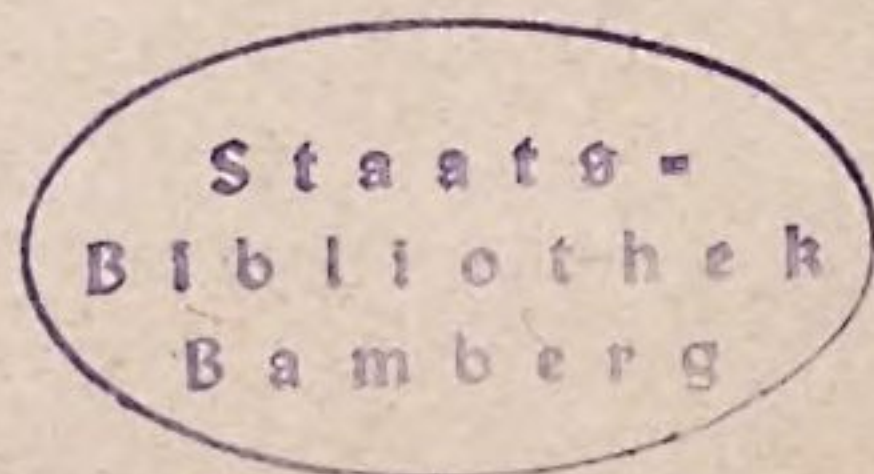
Erde zu vollbringen, oder vielmehr um den gemeinsamen Schwerpunkt beider. Das Ende wird also sein, dass sich Mond und Erde stets dieselbe Seite zuwenden. Was den Mond betrifft, so ist dieser Zustand von ihm bereits längst erreicht worden. Der Mond wendet uns stets dieselbe Seite zu und die Rotation desselben ist seiner Umlaufszeit um die Erde so genau gleich, dass auch die schärfsten Beobachtungen keinen Unterschied zwischen beiden, keine physische Libration des Mondes entdecken konnten, die sich mit Sicherheit in den Untersuchungen gezeigt hätte. Dagegen existiren allerdings scheinbare Librationen des Mondes, wodurch wir bald über den einen, bald über den andern Rand des Mondes um einen gewissen Betrag nach der jenseitigen Halbkugel hinblicken können, diese Schwankungen gehören indess nicht hieher. Die Umdrehungszeit des Mondes um seine Axe ist also seiner mittlern Umlaufsdauer um die Erde gleich. Allein diese mittlere Geschwindigkeit der Mondbewegung ist selbst wiederum veränderlich, und zwar, wie wir oben gesehen haben, wegen der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn, die in eine Periode von etwa 30000 bis 40000 Jahre eingeschlossen ist. Die Umdrehungsdauer des Mondes muss also innerhalb dieser grossen Periode ebenfalls um einen geringen Betrag veränderlich sein, da er uns sonst nicht stets dieselbe Seite zuwenden könnte. Dieses merkwürdige Zusammenfallen der beiden genannten Bewegungen des Mondes für alle Zeiten gibt einen neuen Beweis dafür, dass es die fluth-erzeugende Kraft der Erde auf der Mondoberfläche gewesen ist, welche die Rotation des Mondes mit seiner Revolution in Uebereinstimmung brachte. Das muss aber schon zu einer Zeit geschehen sein, wo der Mond entweder noch heissflüssig war, oder von grossen und tiefen

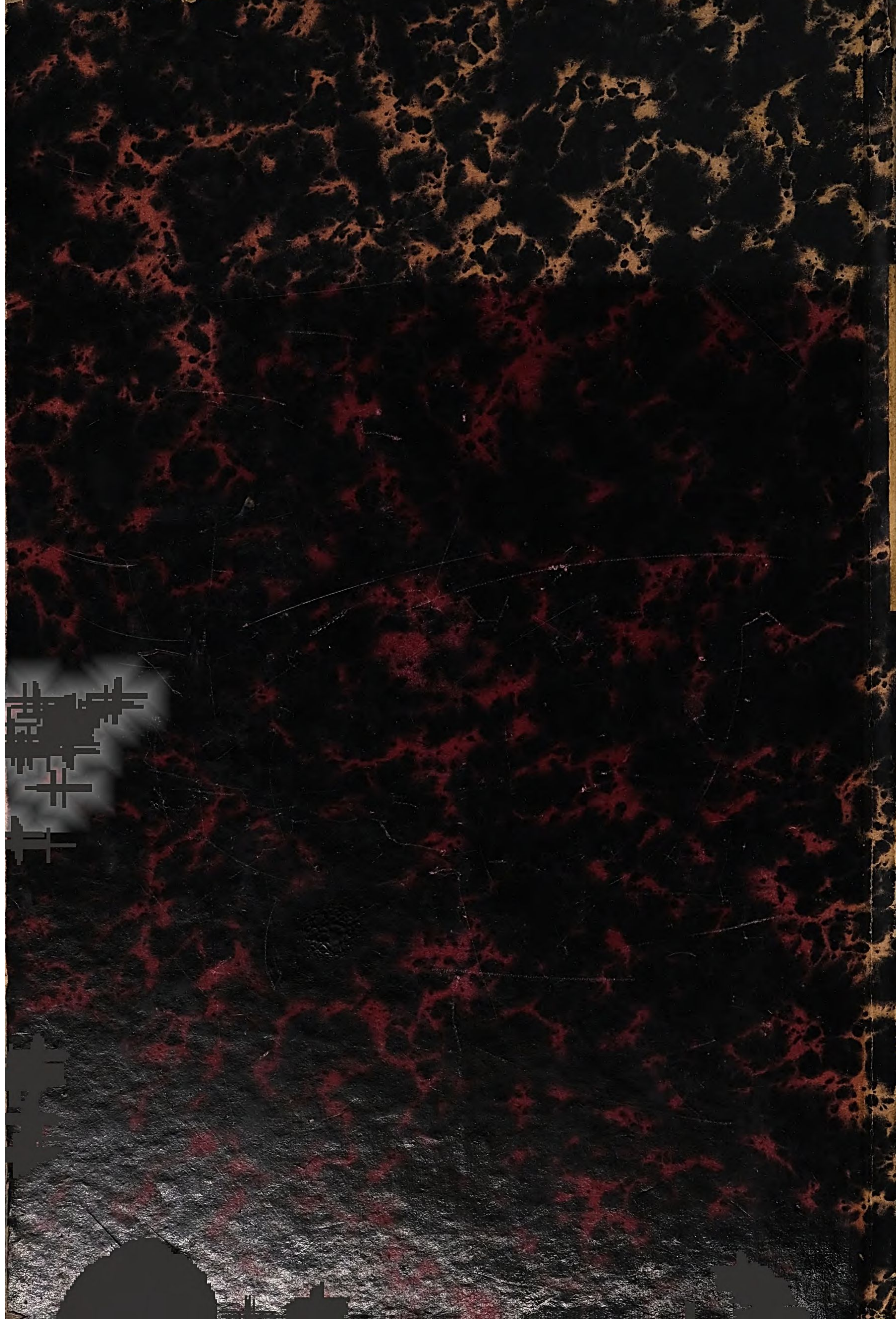
Oceanen an seiner Oberfläche bedeckt wurde. Gegenwärtig, nachdem der Mond längst fest geworden ist, kann die Erde keinerlei Wirkung analog derjenigen der Ebbe und Fluth mehr auf der Mondoberfläche erzeugen. Berechnet man die Grösse der Fluth, welche auf der ganz flüssigen Mondkugel durch die Anziehung der Erde erzeugt werden müsste, so findet man, dass die mittlere Fluthhöhe dort etwa 130 bis 140 Fuss betragen haben wird. Diese gewaltige Masse muss aber der Rotation des Mondes eine beträchtliche Hemmung entgegengesetzt haben, und wir brauchen uns deshalb nicht darüber zu wundern, dass die Mondrotation schon längst an der äussersten Grenze der Verlangsamung angekommen ist, während die Erde noch sehr weit davon entfernt blieb. Das Vorhandensein einer säcularen Aenderung der mittlern Mondrotation beweist aber auch, dass der Mond nicht genau kugelförmig sein kann, sondern vielmehr gegen die Erde zu etwas verlängert sein muss. Es ist also wahrscheinlich, dass der Mond erst erstarrte, nachdem die Erde längst seine Rotationszeit mit seiner Umlaufszeit zum Zusammenfallen gebracht hatte, so dass also die Abweichung nichts anderes als die erstarrte Fluthanschwellung ist. Die Grösse dieser Abweichung spricht keineswegs dagegen, denn die Anschwellung beträgt nur etwa 1000 Fuss, und besonders wenn man annehmen wollte, dass die Erstarrung des Mondes in seinem Mittelpunkte begann, so ist eine Fluthwirkung der Erde von dieser Grösse theoretisch durchaus gerechtfertigt.

Wie dem aber auch immer sein möge, so viel steht jedenfalls fest, dass die Erde die Mondrotation bis auf die äusserst mögliche Grenze verlangsamte; dasselbe wird der Mond auch mit der Erdrotation zu Stande bringen, sie wird von der gleichen Dauer wie die Mondrotation

werden müssen. Allein was dann? Neben der Flutheiwirkung des Mondes übt auch die Sonne eine analoge, aber nur etwa halb so grosse Wirkung aus, und die Sonne bestrebt sich hierdurch ebenfalls, die Erdumdrehung zu verlangsamen. Wenn die Erde keinen Mond besässe, so würde die Wirkung der Sonne dahin streben, die Erdrotation mit der Dauer des Umlaufs der Erde um die Sonne zusammenfallend zu machen. Die beträchtlichere Fluthwirkung des Mondes aber unterstützt dieses Bestreben der Sonnenanziehung nur so lange, bis die Erdumdrehung der Mondrotation an Dauer gleich sein wird, dann steht die Mondeinwirkung derjenigen der Sonne entgegen und hebt letztere, die schwächer ist, vollkommen auf. Allein, welche Zeiträume müssten verfliessen, bis die Mondanziehung die Erdrotation auf das äusserste Maass der Verlangsamung gebracht haben würde! Wir können nur schwindelnd dieses ungeheuren Zeitraumes gedenken! Auch ist es nicht wahrscheinlich, dass die Wirkung des Mondes so lange andauern wird. Denn wenn auch das Sonnensystem nach Hunderttausenden von Jahrmillionen noch bestehen sollte, die Sonne wird dann jedenfalls längst erloschen sein, für solche, der Ewigkeit trotzen den Perioden reicht ihre Gluth nicht mehr aus. Mit dem Erlöschen der Sonnenwärme aber muss der ganze Erdball veröden und das Wasser vereisen. Dann hört aber die flutherzeugende Wirkung des Mondes von selbst auf und damit auch die Verlangsamung der Erdrotation.

Ich will hier abbrechen. Aus der grauen Vergangenheit sind wir heraufgestiegen bis zur Gegenwart und haben das stille, aber mächtige und ununterbrochene Spiel der Anziehungskraft belauscht, dann haben wir einen Blick auf die Zukunft geworfen, und dieser rasche Blick muss genügen.





Klein, Hermann J.,

Kosmologische Briefe über die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des
Weltbaues Für Gebildete

Graz 1877

Bamberg, Staatsbibliothek -- Astr.o.28-a
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11424180-0